

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“ КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”**

Інженерно-хімічний факультет

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних
виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ**

освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

**спеціалізація: Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-
паперових виробництв**

**на тему: Розроблення центрифуги та ферментера для модернізації
установки виробництва кормових дріжджів**

Київ – 2019

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХНВ
_____ Я.М.Корнієнко
(підпис)

“ ____ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація
освітнього ступеня «магістр»

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

освітня програма (спеціалізація) : Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

на тему: Розроблення центрифуги та ферментера для модернізації установки
виробництва кормових дріжджів

Виконала студент 6-го курсу, групи ЛН-81мп

Тертус Олена Григорівна

(підпис)

Керівник дисертації канд. техн. наук, доцент А.Р. Степанюк

(підпис)

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун

(підпис)

розробка стартап-проекту

канд. економ. наук, доц. Н.В. Юдіна

(підпис)

технологія виготовлення фланця ферментера

канд. техн. наук, ст. викл. Я.Г. Двойнос

(підпис)

автоматичний контроль і керування процесом

канд. техн. наук, доцент А.Ю. Сазонов

(підпис)

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітньо-кваліфікаційний рівень – «Магістр»

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Спеціалізація: Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування
обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я. М. Корнієнко

“ __ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Тертус Олені Григорівні

1. Тема дисертації: Розроблення центрифуги та ферментера для модернізації
установки виробництва кормових дріжджів

керівник дисертації кандидат технічних наук, доцент Степанюк А.Р.

Затверджена наказом по університету від “01” листопада 2019 р. №3807-с .

2. Термін подання студентом проекту: 01 грудня 2019р.

3. Вихідні дані до проекту: робочий об'єм ферментера – 70 м³, температура в
ферментері – 304 К. Продуктивність центрифуги за суспензією – 0,2623 кг/с,
початкова масова концентрація твердих частинок – 27%, кінцева концентрація
твердих частинок – 94%.

4. Зміст пояснювальної записки:

а) основна частина: обґрунтувати вибір конструкцій апаратів. Здійснити
розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій:
параметричний, конструктивний, розрахунки на міцність і надійність
елементів конструкції апаратів.

- б) економічна частина: обґрунтувати модернізацію установки та оцінити її ефективність;
- в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією ферментера, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, виконати відповідні розрахунки, викласти основні правила безпечної експлуатації установки та дій обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;
- г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування ферментера та центрифуги; скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;
- д) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення фланця, виконати розрахунки режимів різання, розробити пристрій для свердління.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема установки – А1, кресленик складальний ферментера – А0, кресленик складальний кришки випарного апарата, кресленик складальний центрифуги – А0, кришка ферментера – А2, схема автоматичного керування – А1, кондуктор для свердління фланця – А1, технічної ідеї патенту – А3, ілюстрація до розділу охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях – А3, результати експериментів – 2хА1.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Ковтун І. М.		
Розроблення стартап проекту	Юдіна Н.В.		
Технологія виготовлення фланця	Двойнос Я. Г.		
Автоматичний контроль і керування процесом	Сазонов А. Ю.		

7. Дата видачі завдання: 05 вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Переддипломна практика. Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Добір матеріалів. Складання звіту з практики. Виконано складальні креслення: ферментера – А0, центрифуги – А0.	01.09.2019	
2	Патентне дослідження. Формування ідеї модернізації. Обґрунтування економічної доцільності нової машини.	15.09.2019	
3	Обґрунтування актуальності проекту. Опис установки. Схема установки. Вибір та опис ферментера, центрифуги. Технічна характеристика апаратів.	20.09.2019	
4	Параметричні розрахунки: визначення основних розмірів апаратів. Розрахунок товщини стінок апаратів.	10.10.2019	
5	Розробка складальних креслень апаратів та їх складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апаратів.	19.10.2019	
6	Розрахунки на міцність. Розробка супроводжуючих документів. Виконання схем.	05.11.2019	
7	Консультації відповідно до графіку з питань охорони праці, економіки, технології машинобудування, автоматизації, автоматизації процесу.	10.11.2019	

1	2	3	4
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікації	15.11.2019	
9	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформлення. Підготовка до захисту. Складання плану викладення доповіді, окремих питань.	20.11.2019	
10	Попередній захист проекту.	02.12.2019	
11	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відгуку. Підготовка до захисту.	09.12.2019	

Студент
(підпис)

_____ О.Г. Тертус

Керівник дипломного проекту
(підпис)

_____ А.Р. Степанюк

РЕФЕРАТ

УДК 662.7

Магістерська дисертація на тему «Розробка центрифуги та ферментера для модернізації установки виробництва кормових дріжджів» / НТУУ «КПІ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»; Керівник А.Р. Степанюк. – К., 2019. – 160 с. : іл. – Викон. О.Г. Тертус. – Бібліогр.: с. 112.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань з 23 найменувань. Загальний обсяг записки становить 160 сторінку основного тексту, 32 рисунків, 35 таблиць.

Мета дисертації – модернізація центрифуги та ферментера для схеми виробництва кормових дріжджів.

Записка містить опис технологічного процесу, вибір типів ферментера, центрифуги і їх місце в технологічній схемі, технічну характеристику апаратів, обґрунтування вибору конструкцій апаратів, що проектуються і принцип дії їх основних складальних одиниць та деталей, порівняння основних показників розробленої конструкції ферментера з аналогами, патентне дослідження конструкцій апаратів. Виконано модернізацію ферментера та моделювання запропонованої модернізації. Наведено заходи, щодо охорони праці, рекомендації з монтажу та експлуатації. Проведено модернізацію установки та визначено очікувані техніко – економічні показники від впровадження модернізації. Проведена модернізація, збільшилась годинна продуктивність, річна продуктивність виходу кінцевого продукту, зменшилось використання електроенергії. Зазначена модернізація може бути рекомендована для впровадження у виробництво. Визначено рівень стандартизації та уніфікації. Розроблено автоматичну схему керування процесом.

КОРМОВІ ДРІЖДЖІ, ФЕРМЕНТЕР, ЦЕНТРИФУГА, ФОРСУНКИ.

Реферат

УДК 662.7

Магистерская диссертация на тему «Разработка центрифуги и ферментера для модернизации установки производства кормовых дрожжей» / НТУУ «КПИ имени Игоря Сикорского»; Руководитель А.Р. Степанюк. - М., 2019. - 160 с.: Ил. - Вискон. О. Тертус. - Библиогр. : с. 112.

Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка ссылок с 23 наименований. Общий объем записки составляет 160 страниц основного текста, 32 рисунков, 35 таблиц.

Цель диссертации - модернизация центрифуги и ферментера для схемы производства кормовых дрожжей.

Записка содержит описание технологического процесса, выбор типов ферментера, центрифуги и их место в технологической схеме, техническую характеристику аппаратов, обоснование выбора конструкций аппаратов, проектируемых и принцип действия их основных сборочных единиц и деталей, сравнение основных показателей разработанной конструкции ферментера с аналогами, патентное исследование конструкций аппаратов. Выполнена модернизация ферментера и моделирование предложенной модернизации. Приведены мероприятия по охране труда, рекомендации по монтажу и эксплуатации. Проведена модернизация установки и определены ожидаемые технико - экономические показатели от внедрения модернизации. Проведена модернизация, увеличилась часовая производительность, годовая производительность выхода конечного продукта, уменьшилось потребление электроэнергии. Указанная модернизация может быть рекомендована для внедрения в производство. Определен уровень стандартизации и унификации. Разработан автоматическую схему управлением процессом.

КОРМОВЫЕ ДРОЖЖИ, ФЕРМЕНТЁР, ЦЕНТРИФУГА, ФОРСУНКИ.

ABSTRACT

UDC 662.7

The Master's thesis on the theme "Development of a centrifuge and fermenter for modernization of feed yeast production plant" / National Technical University "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"; Scientific supervisor: A.R. Stepanyuk. - K., 2019. - 160 pp.: il. – 31. Developer: O.G. Tertus. - Bibliogr. : p. 112.

The explanatory note consists of an introduction, eight sections, conclusions and a list of references of 23 items. The total volume of the note is 160 pages of body text, 32 figures, 35 tables.

The purpose of the dissertation is the modernization of the centrifuge and fermenter for the feed yeast production scheme.

The note contains a description of the technological process, the choice of types of fermenter, centrifuges and their place in the technological scheme, the technical characteristics of the devices, the justification for the choice of designs of the designed devices and the principle of operation of their basic assembly units and parts, comparison of the main indicators of the developed design of the fermenter with analogues, patent research designs of apparatus. The fermenter was modernized and the proposed modernization was simulated. Measures on safety, installation and operation recommendations are given. The plant was modernized and the expected technical and economic indicators from the modernization implementation were determined. Modernization was carried out, it is increased hourly productivity and annual output of the final product, and electricity consumption is decreased. The modernization may be recommended for introduction into production. The level of standardization and unification has been determined. An automatic process control scheme has been developed.

FODDER YEAST, FERMENTER, CENTRIFUGE, NOZZLES.

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	3
Вступ.....	4
1 Призначення та область використання установки	5
1.1 Опис технологічного процесу.....	5
1.2 Вибір типу апаратів та їх місце в технологічній схемі.....	6
2. Технічні характеристики основних апаратів установки	8
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів	10
3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей	10
3.2 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами.....	12
3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів	13
3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки	14
4. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій.....	23
4.1 Розрахунки ферментера	23
4.1.1 Параметричний розрахунок ферментера.....	23
4.1.2 Розрахунок потужності, що витрачається на перемішування.....	24
4.1.3 Розрахунок витрат поживного середовища та повітря на процес ферментації.....	27
4.1.4 Розрахунок процесу масопереносу	29
4.1.5 Визначення теплового навантаження ферментатора.....	33
4.1.6 Розрахунок штуцерів ферментера	38
4.1.7 Розрахунок циліндричної обичайки з оболонню на міцність	40
4.1.8 Розрахунок товщини еліптичного днища.....	44
4.1.9 Розрахунок перемішуючого пристрою.....	45

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Тертус				Розроблення центрифуги та ферментера для модернізації установки виробництва кормових дріжджів	Лит.	Аркуш
Перевірів	Степанюк						9
Т. Контр.						КПІ імені Ігоря Сікорського ІХФ, МАХНВ	
Н. Контр.							
Затверд.							
						Аркушів	110

4.1.10 Розрахунок валу на жорсткість	47
4.1.11 Розрахунок опор ферментера	53
4.1.12 Розрахунок фланцевого з'єднання ферментера	54
4.1.13 Наукові дослідження	62
4.2 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність центрифуги	64
4.2.1. Параметричний розрахунок центрифуги	64
4.2.2 Розрахунок ротора центрифуги на міцність	67
4.2.3 Розрахунок штуцерів	69
5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	71
6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації	85
7 Рівень стандартизації та уніфікації	89
8 Стартап-проект	90
Висновки	106
Выводы	107
Conclusions	108
Перелік посилань	109
Додаток А	113
Додаток Б	
Додаток В	
Додаток Г	
Додаток Д	
Додаток Е	

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні позначення:

c – прибавка до розрахункової товщини, м;

E – модуль пружності, МПа;

F – площа поверхні, м²;

G – масова витрата, кг/с;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);

n – частота обертання, с⁻¹;

N – потужність, Вт;

P – тиск, Па;

S – товщина, м;

T – температура, К;

V – об'єм, м³;

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі до внутрішньої поверхні труби, Вт/(м²·К);

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі до зовнішньої поверхні труби, Вт/(м²·К);

μ – коефіцієнт динамічної в'язкості, Па·с;

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості, м²/с;

ρ – густина, кг/м³;

σ – напруження в матеріалі, МПа;

$[\sigma]$ – допустиме напруження, МПа;

ϕ – коефіцієнт міцності зварного шва;

Критерії:

Nu – критерій Нуссельта;

Pr – критерій Прандтля;

Re – критерій Рейнольдса.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Вступ

Основою розвитку тваринництва і підвищення його продуктивності є організація повноцінної годівлі, створення стабільної кормової бази, науково обґрунтованої системи оптимізації структури виробництва кормів і поліпшення їх якості. На сьогоднішній день перед виробником стоїть головне завдання – покращення якості продукції та збільшення терміну зберігання дріжджів. Для досягнення заданої мети підприємства повинні мати сучасне обладнання та новітні технології виробництва.

Метою даної магістерської дисертації є модернізація установки виробництва кормових дріжджів з використанням ферментера та центрифуги. З цією метою передбачено виконання необхідних розрахунків ферментера для вирощування дріжджів та центрифуги для відокремлення біомаси дріжджів від культуральної рідини.

Робота містить аналіз технологічного процесу з описом та обґрунтуванням обраних конструкцій апаратів та їх місце в технологічній схемі, технічні характеристики основних апаратів установки, опис та обґрунтування обраних конструкцій апаратів та їх місце в технологічній схемі, конструкції і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей, порівняння основних показників обраних конструкцій з аналогами, вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів, патентний огляд конструкцій основного обладнання установки, проведення розрахунків, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій апаратів, охорону праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, рекомендації щодо їх монтажу та експлуатації, рівень стандартизації та уніфікації, визначення очікуваних техніко-економічних показників застосування установки, розробку та описання технологічного процесу виготовлення деталі (кришка) та схеми автоматичного керування технологічним процесом установки.

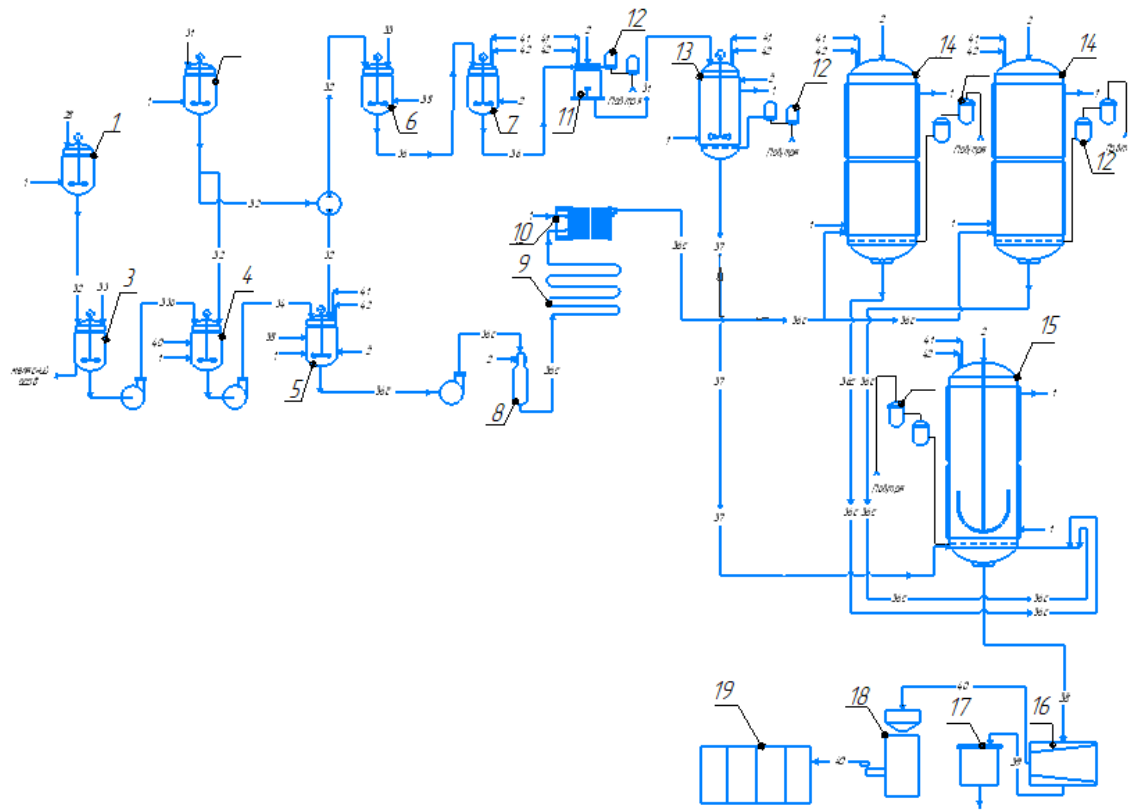
Завдання на магістерську дисертацію одержано вересні 2019 року під час проходження переддипломної практики в інституті газу НАН України.

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1 Призначення та область використання установки

1.1 Опис технологічного процесу

Для одержання кормових дріжджів використовують наступну технологію (Рисунок 1.1) [1].



1,2 – збірники для приготування розчинів солей;

3 – збірник для освітлення м'яси; 4 – збірник для приготування м'ясо-сольового розчину; 6 – збірник для приготування стерильного живильного середовища; 5, 7 – збірник для приготування живильного середовища;

8 - колона швидкого нагріву; 9 – витримувач;

10 – теплообмінник; 11 – інокулятор; 12 – фільтри; 13 – посівний апарат;

14 – накопичувачі; 15 – ферментер; 16 – центрифуга;

17 – збірники дріжджового молока; 18 – бункер; 19 – формувально-пакувальний апарат

Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва дріжджів

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

В збірнику 1 та 2 готують розчини солей амофоса та діамонія фосфата. Розчин діамонія фосфата подають у збірник 6 для приготування живильного середовища (ЖС). Приготування м'ясо-сольового розчину проводиться у збірнику 4, попередньо м'ясу освітлюють в збірнику 3 підкисленою питною водою. З збірника 7 в інокулятор 11 подають ЖС та стерилізують після чого подають в посівний апарат 13. Стерилізаційна установка складається з колони 8, де відбувається обробка середовища парою, витримувача 9 та теплообмінника 10. М'ясо-сольове живильне середовище стерилізують та завантажують до накопичувачів 14, де його відстоюють протягом 10 - 12 годин. Воду стерилізують і завантажують у ферментер 15, подачу живильних середовищ із накопичувачів 14 здійснюють стерильним стисненим повітрям під тиском 0,25 МПа у систему стерильних живильних колекторів. Процес вирощування дріжджів триває 14 годин, після чого, сировина подається на центрифугу 15. Після центрифуги дріжджове молоко подається у збірник дріжджового молока 17, а звідти на вакуум-фільтр 18, де фільтрується і подається у блок формовки та упаковки дріжджів 19.

1.2 Вибір типу апаратів та їх місце в технологічній схемі

Ферментер розробленої конструкції призначений для вирощування мікроорганізмів на рідких живильних середовищах. В ферментері передбачається інтенсивне перемішування середовища, подача повітря через форсунки, які розташовані на мішалці для підтримання життєдіяльності мікроорганізмів. Відомі різні конструкції ферментерів. Найбільше розповсюдження одержав ферментатор з механічною мішалкою та подачею повітря через барботер, який має оболонь або змійовики для відводу тепла.

Для підведення повітря в живильне середовище застосовують барботери або форсунки. Культури, що розвиваються, споживають кисень розчинений у рідкому середовищі. Інтенсивність розчинення кисню залежить від поверхні контакту газової і рідкої фаз та тривалості контакту. Оптимальні величини цих

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

показників можуть бути досягнені при тонкому диспергуванні повітря, яке подається в рідину при інтенсивному механічному перемішуванні. При механічному перемішуванні досягається додаткове диспергування бульбашок повітря і подовжується траєкторія їхнього руху внаслідок турбулізації рідини, тому обрано ферментер з якірною мішалкою.

Для отримання дріжджів, їх необхідно виділити із суспензії, що виходить з ферментера. Оскільки цей процес неперервний, доцільно застосувати для розділення фільтраційну горизонтальну центрифугу, із шнековим вивантаженням осаду, що може виділити досить дрібні частинки із суспензії, та має зону сушіння і забезпечує низький вміст вологи [2].

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2. Технічні характеристики основних апаратів установки

Ферментер

1. Призначення - для біосинтезу кислоти
2. Об'єм номінальний, м³ 100;
робочий, м³ 70;
3. Тиск, МПа
у апараті повний робочий 0,1;
у апараті при стерилізації 0,1;
у оболоні 0,6;
4. Площа поверхні теплообміну, м 5;
5. Температура середовища, С
робочого середовища 34...36;
стерильного повітря 34...36;
охолоджуючої води 12...25;
стерилізації 110;
6. Витрати охолоджуючої води, кг/с 0,538;
7. Витрати повітря, м³/с 0,7;
8. Частота обертання мішалки, об/хв 1;
9. Потужність електродвигуна, кВт 100;
10. Маса виробу
порожнього, кг 13300;
у робочому стані, кг 81380;
11. Середовище:
у апараті - нетоксичне, корозійне
у оболоні - нетоксичне, корозійне
12. Габаритні розміри, м 16,83x3,611x3,56;

Центрифуга

1. Найбільший робочий діаметр ротора, мм	350;
2. Відношення робочої довжини ротора до його найбільшого діаметру	2,85;
3. Радіус зливання, мм	150;
4. Максимальне число обертів ротора за хвилину	2930;
5. Потужність привода, кВт	22;
6. Фактор розділення	1511;
7. Час розгону ротора, с	30;
8. Час зупинки ротора, хв	10;
9. Габаритні розміри, м	2,441x1,312x1,050;
10. Маса, кг	2025;

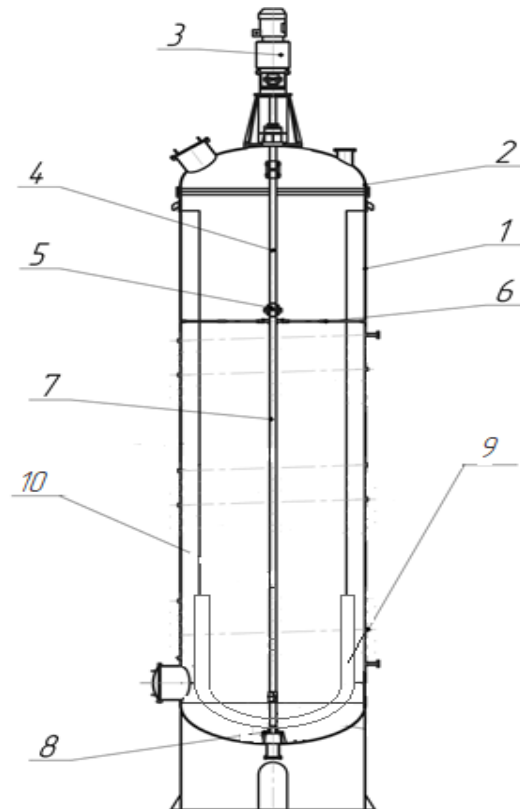
					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів

3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей

Ферментер

Конструкцію ферментера наведено на рисунку 3.1



1 – корпус; 2 – кришка; 3 – привід; 4 – верхній вал; 5 – зубчата муфта;
6 – проміжна опора; 7 – нижній вал; 8 – опора; 9 – якірна мішалка; 10 –
оболонь;

Рисунок 3.1 – Ферментер

Ферментер являє собою вертикальний циліндричний апарат та включає в себе: корпус 1 з еліптичним днищем та опорною обичайкою; кришку 2, на якій розташовані штуцери, для періодичного завантаження робочого середовища,

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

3.2 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами

Ферментер

За конструкцією ферментер, що розглядається в проекті суттєво відрізняється від аналогів [5]. Завдяки мішалці на якій розташовані форсунки для подачі повітря, що дозволяє зменшити витрати електроенергії на перемішування, та збільшити ефективність розчинення повітря, оболонь з напівтруб дозволяє використовувати охолоджуючу воду більш ефективно, проміжна опора та зубчата муфта в середині апарату дозволяють збільшити його об'єм без втрати жорсткості та вібростійкості валу. Результати порівняння зведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика ферментерів

Основні технічні показники	Ерліфтний ферментер	Ферментер з трьома турбінними мішалками	Ферментер, що проектується
1	2	3	4
Робочий об'єм, м ³ (бали)	70 (3)	70 (3)	70 (3)
Витрати потужності, Вт (бали)	10 000 (3)	125 000 (1)	100 000 (2)
Займана площа, м ²	11 (3)	11 (3)	11 (3)
Час процесу ,год	72(1)	48(3)	48(3)
Сума балів	10	10	11

Порівнявши характеристики видно, що ферментер який проектується має певні переваги, перед аналогами, і його доцільно використовувати на лінії виробництва кормових дріжджів.

Центрифуга

Запропонована в проекті конструкція центрифуги для розділення суспензії має наступні особливості: горизонтальне розташування ротора, зона сушки продукту, шнек для вивантаження осаду, безперервний режим роботи [6]. Ці конструктивні ознаки дозволяють отримувати кристали з низьким вмістом води, та відділяти тверді частинки розміром від 2 мкм. Порівняння з іншими апаратами для розділення наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняльна характеристика апаратів розділення

Основні технічні показники	Сопловий сепаратор	Сепаратор з ручним вивантаженням	Центрифуга, що проектується
Продуктивність, м ³ /год (бали)	0,9879 (3)	0,9879 (3)	0,9879 (3)
Витрати потужності, кВт (бали)	10 (2)	6 (1)	22 (3)
Періодичність процесу (бали)	Безперервний(3)	Періодичний(1)	Безперервний(3)
Сума балів	8	5	9

Висновок: в цьому підрозділі було проведено порівняння спроектованих апаратів з аналогами та визначено, що апарати були вибрані вірно й підходять для використання в установці виробництва кормових дріжджів.

3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів

Матеріали для виготовлення хімічних апаратів та машин необхідно обирати у відповідності до специфіки їх експлуатації, враховуючи при цьому можливі зміни вихідних фізико-хімічних властивостей матеріалів від дії

робочого середовища, температури та хіміко-технологічних процесів, що протікають [7].

Необхідно враховувати такі параметри: температура, тиск, концентрація робочих середовищ. Для виготовлення апарату чи машини необхідно враховувати наступне: механічні властивості матеріалу – границя міцності, відносне подовження, твердість та інше. Зварюваність металів також є однією з необхідних умов їх застосування, оскільки при сучасній технології хімічного машинобудування основний спосіб виконання нероз’ємних з’єднань – зварювання.

Оскільки середовище в середині апаратів активне, то в якості конструкційного матеріалу для основних деталей вибираємо нержавіючу сталь Х18Н10Т, яка використовується для виготовлення деталей апаратів хімічних промисловостей, що працюють в агресивних середовищах при температурах до 873 К.

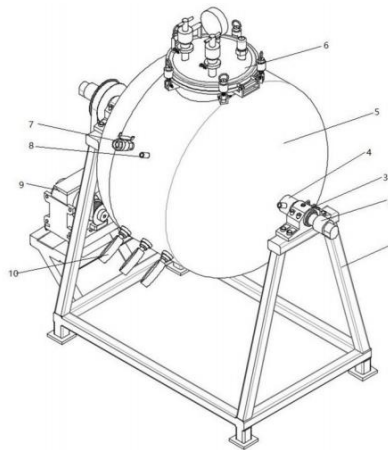
Для виготовлення кріпильних елементів (болтів, гайок) використовують сталь 35Х – 70 для болтів та гайок. Прокладки виготовляються із пароніту ПОН-А [8].

3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки

Ферментер

Ферментер, який складається з корпусу 1, кришки 6 та обичайки 5. Підшипник 3 нерухомо з’єднаний з порожнистим валом 4, який включає в себе привід 9. Патрубок 7 для виходу води з’єднаний торцевою пружиною 2. У верхній частині кришки передбачено чотири з’єднувальні отвори, які відповідно обладнані пневматичним запобіжним клапаном та манометром. Існують три термометра 10 для виміру температури на різних глибинах апарата. Пружина 8 для регулювання сили натискання повзуна передбачена між основою для відбору проб та віялоподібним повзунком [9].

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



1 – корпус; 2,8 – пружина; 3 – підшипник; 4 – вал; 5 – обичайка; 6 – кришка; 7 – патрубок; 9 – привід; 10 – термометр.

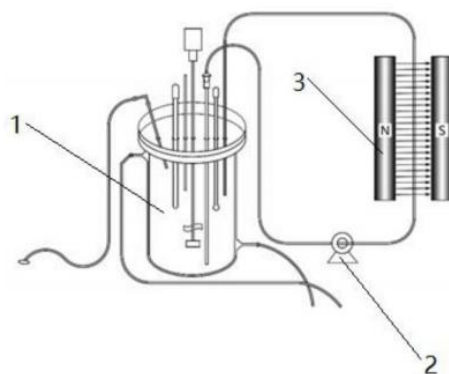
Рисунок 3.3 - Ферментер

Переваги: невисока собівартість.

Недоліки: складність конструкції.

Ферментер з магнітним полем

Винахід з магнітним полем для приготування вітамінів шляхом ферментації, що належить до технології мікробного бродіння. Насіння прищеплюють насіннєвим середовищем 2, яке готують за допомогою перенесення насінної рідини, приготованої на етапі 1. У циклі росту додається лікування з допомогою магнітного поля 3 для сприяння розвитку культури [10].



1 – насінна рідина; 2 – насінне середовище; 3 – магнітне поле.

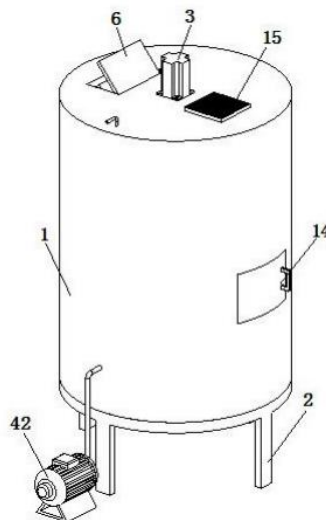
Рисунок 3.4 – Ферментер з магнітним полем

Переваги: простий в експлуатації.

Недоліки: висока собівартість.

Ферментер

Винахід використовують для процесу ферментації, а саме для бродіння органічних добрив. Ферментер включає в себе опору 2, електричний двигун 42 та вал, що обертається 3. Зверху на корпусі 1 розташована горизонтально розташована сітчаста плита 15. Залишкове добриво на бічній стінці порожнини для зберігання очищають за допомогою камери 14 [11].



1 – корпус; 2 – опора; 3 – вал; 6 – люк; 14 – камера; 15 – плита; 42 – двигун.

Рисунок 3.5 - Ферментер

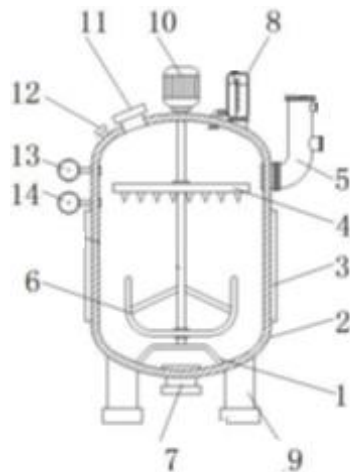
Переваги: малий гідравлічний опір.

Недоліки: габаритність конструкції.

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Реактор

Реактор для бродіння дріжджів складається з корпусу 1 та ферментаційної бочки 2, яка відрізняється тим, що чотири кути нижньої поверхні нерухомо з'єднані з опорними лапами 19, а на нижній поверхні бочки передбачений випускний штуцер 17. Штуцер 8 для подачі нерухомо з'єднаний з штуцером для матеріалу 11. Вал 15, що перемішує, за допомогою двигуна 10, з'єднаний з верхньою внутрішньою стінкою бочки через муфту. Термометр 13 і барометр 14 з'єднанні з циліндром 5, який включає в себе вибухобезпечну плівку 7 та на якому розташований штуцер подачі повітря 6 [12].



1 – корпус; 2 – обичайка; 3 – оболонь; 4 – кігті; 5, 7, 8, 11, 12 – штуцер; 6 – вал з мішалкою; 9 – лапи; 10 – двигун; 13 – термометр; 14 – барометр.

Рисунок 3.6 - Реактор

Переваги: простий в експлуатації.

Недоліки: малоефективний.

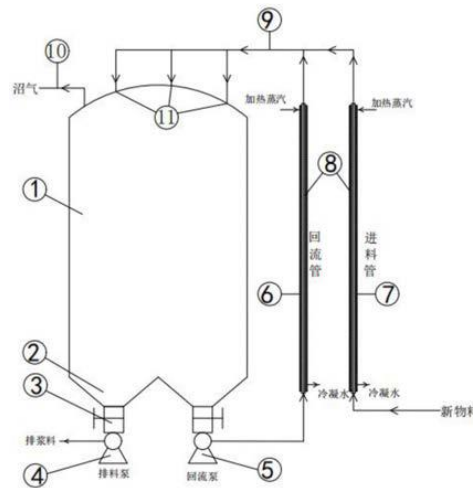
Пристрій для сухого анаеробного бродіння кухонних відходів

Винахід пропонує сухий анаеробний спосіб кухонних відходів [13].

Пристрій бродіння включає: резервуар для бродіння 1, штуцер для подачі 10, 11

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

та штуцер для виходу суміші 2. Подача трубопроводу 7 з'єднана з резервуаром 1. Через випускний клапан 3, насос 5 подає заквашений матеріал у верхню частину бродильного резервуара 1. Перемішування здійснюється в змішувачі 9, матеріал подається через зворотну трубку 6. Зовнішня частина додатково містить нагрівальну втулку 8.



1 – резервуар; 2 – розвантажувальний отвір; 3 – випускний клапан; 4, 5 – лапи; 6, 7 – труба; 8 – втулка; 9 – змішувач; 10, 11 – штуцер.

Рисунок 3.7 - Пристрій для сухого анаеробного бродіння кухонних відходів

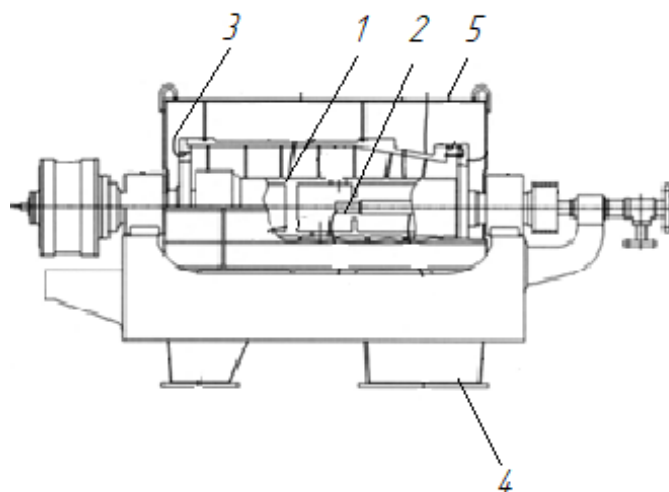
Переваги: висока інтенсивність перемішування.

Недоліки: складність конструкції.

Відстійна центрифуга

Винахід пропонує відцентрову центрифугу, в якому зносостійкий кожух 5 може легко кріпитися та від'єднуватися [14]. Центрифуга включає в себе тарілку 2, що має вигнуту поверхневу частину, яка випинається до осі обертання та безліч чаш встановлених на краю отвору, шнек 1 і виступ, що прилягає в окружному напрямку. Зносостійку втулку 3, сепараційний розвантажувальний штуцер 4.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18



1 – шнек; 2 – тарілка; 3 – втулка; 4 – штуцер; 5 – кожух.

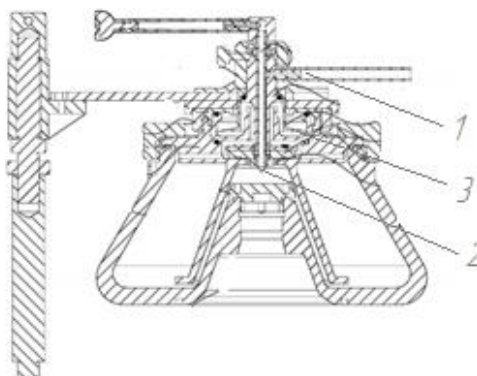
Рисунок 3.8 - Відстійна центрифуга

Переваги: висока зносостійкість.

Недоліки: складність конструкції, висока собівартість.

Центрифуга

Даний винахід відноситься до апаратів стерилізації безперервної дії [15]. Ротор 2 включає трубку подачі суспензії 1. Втулка 3 розташована на вході суміші в апарат розділювальної труби. Завдяки тому, що одночасно відбувається центрифугування та злив, процес є абсолютно стерильним.



1 – трубка; 2 – ротор; 3 – втулка.

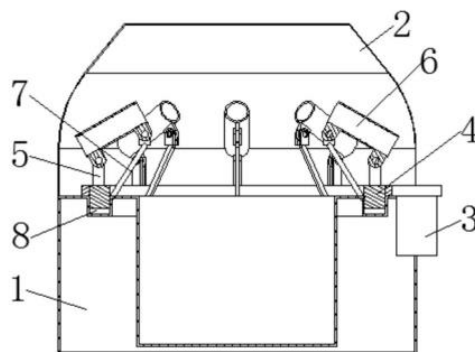
Рисунок 3.9 - Центрифуга

Переваги: компактність конструкції.

Недоліки: великий гідравлічний опір, мала ефективність.

Експериментальна центрифуга

Винахід відносить до експериментальних центрифуг, включаючи в себе тумбу 1, поворотний кронштейн 4 з'єднаний підшипниковою парою всередині кільцевої канавки 8, кришка 2 поворотного бачка рівномірно розташована верхній опорній основі 5, яка з'єднується шарніром з кріпильним циліндром 6. Кріпильний циліндр 7 проходить відповідно через шарнір і з'єднується з опорною основою та електричним двигуном 3. Експеримент можна проводити після завершеного центрифугування, речовина внутрішньої пробірки перекидається, відбувається швидкий викид речовини, що скорочує час очікування, одночасно відстороняється від звільнення від речовини, , щоб знову перемішатися [16].



1 – тумба; 2 – кришка; 3 – двигун; 4 – кронштейн; 5 – опорна основа; 6 – кріпильний циліндр; 7 – стрижень; 8 – канавка.

Рисунок 3.10 – Експериментальна центрифуга

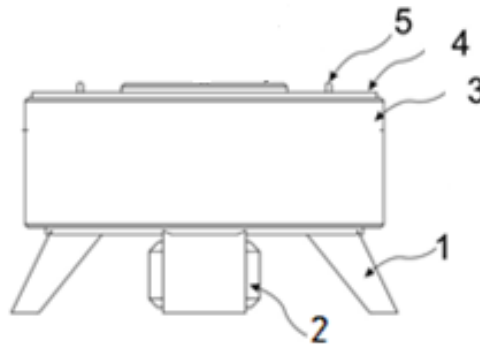
Переваги: стерильність.

Недоліки: висока собівартість.

Металургійна центрифуга

Металургійна центрифуга лопатевого типу, яка містить каркас і шпиндельний механізм 5, передбачений на кришці 4. Коробка передач і двигун 2 підключені до нижнього кінця шпиндельного механізму, а механізм відцентрового барабана з'єднаний з верхнім кінцем шпиндельного механізму.

Кожух з'єднаний з рамою, а всередині оболонки розміщений відцентровий барабан, який включає безліч лопатей, нерухомо з'єднаних з основою. Центр кола розташований круговим масивом, одна сторона леза зміщена у напрямку до основи, а сусідні леза з'єднані [17].



1 - каркас; 2 - двигун; 3 - кожух; 4 – кришка; 5 – шпиндельний механізм.

Рисунок 3.11 – Металургійна центрифуга

Переваги: невеликий гідравлічний опір.

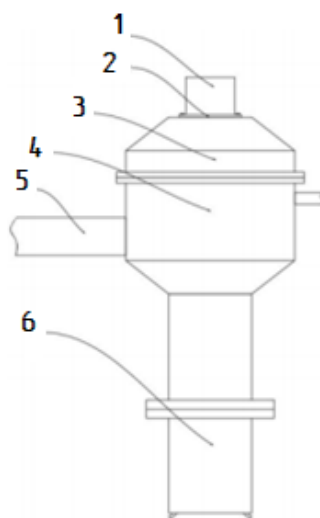
Недоліки: малоефективність, складність конструкції.

Центрифуга

Центрифуги для хімічного підприємства, що включає двигун 1, торцеву частину бункера 3. На зовнішній поверхні камери 4,6 встановлюється живильна трубка 5, для подачі суміші. Пристрій подачі включає двигун 2. Центрифуга в

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

основному використовується для розділення твердих частинок і рідини в суспензії або для розділення двох густин в емульсії [18].



1 – двигун; 2 – моторне кріплення; 3 – бункер; 4,6 – камера; 5 – підвідний патрубок.

Рисунок 3.12 - Центрифуга

Переваги: висока ефективність.

Недоліки: висока собівартість.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

4. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій

4.1 Розрахунки ферментера

4.1.1 Параметричний розрахунок ферментера

Метою розрахунку є вибір робочого об'єму, визначення геометричних розмірів апарату.

Вихідні дані:

Загальний об'єм апарата $V_{\text{заг}}, \text{м}^3$ 100;

Робочий об'єм апарата $V_p, \text{м}^3$ 70;

Внутрішній діаметр $D, \text{м}$ 3,2;

Об'єм днища $V_{\text{дн}}, \text{м}^3$ 4,7523;

Параметричний розрахунок здійснено за методикою [19]

Схема ферментера подана на рисунку 4.1

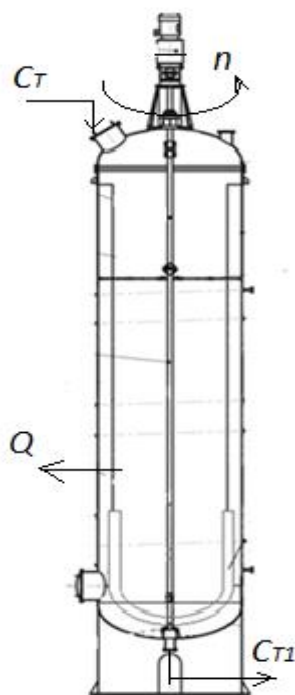


Рисунок 4.1 – Схема ферментера

Еліптичні днища для апарата такого діаметра мають такі показники [20]: висота відбортки $h = 60$ мм; ємність днища $V_{\text{дн}} = 4,75 \text{ м}^3$; товщина стінки днища $S = 12$ мм.

Висота еліптичної частини:

$$h_{\text{ел}} = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 3,2 = 0,8 \text{ м.}$$

Об'єм циліндричної частини ферментатора:

$$V_{\text{ц}} = V_{\text{заг}} - 2 \cdot V_{\text{дн}} = 100 - 2 \cdot 4,7523 = 90,5 \text{ м}^3,$$

Висота циліндричної частини ферментатора:

$$H_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{заг}} - 2 \cdot V_{\text{дн}}}{F} = \frac{100 - 2 \cdot 4,7523}{8,03} = 11,25 \text{ м,}$$

де

$$F = 0,785 \cdot D^2 = 0,785 \cdot 3,2^2 = 8,03 \text{ м}^2$$

Загальна висота ферментера:

$$H_{\text{заг}} = H_{\text{ц}} + 2 \cdot (h_{\text{ел}} + h) = 11,25 + 2 \cdot (0,8 + 0,06) = 13 \text{ м.}$$

Висновок: загальна висота апарату $H_{\text{заг}} = 13$ м висота циліндричної частини $H_{\text{ц}} = 11,25$ м, висота еліптичної частини $h_{\text{ел}} = 0,8$ м, висота відбортки $h = 0,06$ м.

4.1.2 Розрахунок потужності, що витрачається на перемішування

Мета розрахунку – знайти мінімальну потужність приводу мішалки.

Вихідні дані:

Номінальний об'єм ферментатора $V_{\text{н}}$, м^3	100;
Робочий об'єм ферментера $V_{\text{р}}$, м^3	70;
Тип мішалки	якірна;
Внутрішній діаметр апарата D , м	3,2;
Діаметр мішалки $d_{\text{м}}$, м	2,8;
Кількість мішалок на валу $n_{\text{м}}$, шт.	1;
Частота обертання вала мішалки n , с^{-1}	1;

Густина середовища ρ_p , кг/м ³	1010;
Температура у ферментаторі t_p , К	304;
Питома теплоємність C_p , Дж/(кг·К)	3715;
Коефіцієнт теплопровідності λ_p , Вт/(м·К)	0,2;
Коефіцієнт динамічної в'язкості μ_p , Па·с	$1,1 \cdot 10^{-3}$.

Розрахунок проводимо згідно методики в літературі [19].

Схема ферментера з мішалкою наведена на рисунку 4.2.

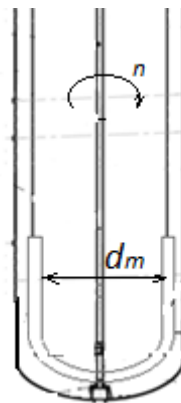


Рисунок 4.2 – Схема ферментера з мішалкою

Визначаємо центробіжний критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{n \cdot d_m^2 \cdot \rho_p}{\mu_p} = \frac{1 \cdot 2,8^2 \cdot 1010}{1,1 \cdot 10^{-3}} = 7,19 \cdot 10^6.$$

Визначаємо критерій K_N по графікам [20] для якірних мішалок.

При $Re = 7,19 \cdot 10^6$: $K_N = 0,7$.

Потужність, що витрачається на перемішування однією мішалкою:

$$N_m' = K_N \cdot \rho_p \cdot n^3 \cdot d_m^5 = 0,7 \cdot 1010 \cdot 1^3 \cdot 2,8^5 = 31,04 \cdot 10^3 \text{ Вт.}$$

Потужність, що витрачається на перемішування:

$$N_m = N_m' (0,4 + 0,6 \cdot n_m) = 31,04 \cdot 10^3 (0,4 + 0,6 \cdot 1) = 31,04 \cdot 10^3 \text{ Вт.}$$

Розрахункова потужність на валу мішалки:

$$N_p = K_1 \cdot K_2 \cdot (\sum K + 1) \cdot N_m = 1,1 \cdot 1,1649 \cdot (0,3 + 1) \cdot 31,04 = 73,2 \cdot 10^3 \text{ Вт,}$$

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

де $K_1 = 1,1$ - коефіцієнт, що враховує збільшення потужності за рахунок збільшення кількості біомаси.

$$K_2 = \sqrt{\frac{H_p}{D_{BH}}} = \sqrt{\frac{4V_p}{\pi D^3}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 70}{3,14 \cdot 3,2^3}} = 1,1649,$$

де $V_p = 70 \text{ м}^3$ - кількість поживного середовища, що завантажується у ферментатор.

$$\Sigma K = K_N + K_M + K_{гр} + K_T = 0,1 + 0,2 = 0,3,$$

де $K_N = 0,1$ - коефіцієнт опору гільзи термометра;

$K_T = 0,2$ - коефіцієнт, що враховує опір труби для передавлювання розчину.

Визначаємо потужність, що витрачається на тертя сальнику:

Для визначення потужності необхідно визначити розміри елементів сальнікового ущільнення.

По формулі визначаємо розрахунковий діаметр приводного валу:

$$d_B = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{[\tau]}} + C_M.$$

Приймаємо $C_M = 0,0008 \text{ м}$.

Матеріал валу - Сталь 08Х22Х6Н.

Границя міцності $\sigma_B = 590 \text{ МПа}$.

Запас міцності $n_B = 2,4$.

$$M_{кр} = 0,163 \cdot \frac{N_p}{n} = 0,163 \cdot \frac{73,2 \cdot 10^3}{1} = 11,93 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} = 11,93 \cdot 10^{-3} \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Тоді:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_B}{n_B} = \frac{590}{2,4} = 246 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження для перемішуючих пристроїв:

$$[\tau] = 0,5 \cdot [\sigma] = 0,5 \cdot 246 = 123 \text{ МПа}.$$

Тоді:

$$d_B = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{11,93 \cdot 10^{-3}}{123}} + 0,0008 = 0,078 \text{ м}.$$

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Для забезпечення жорсткості приймаємо:

$$d_{в'} = 1,25 \cdot d_{в} = 1,25 \cdot 0,078 = 0,098 \text{ м},$$

приймаємо трубу діаметром 0,1 м, за [21].

Розрахункова товщина сальникової набивки:

$$S_c = 0,044 \cdot \sqrt{d_{в'}} = 0,044 \cdot \sqrt{0,098} = 0,014 \text{ м}.$$

Приймаємо висоту сальникової набивки:

$$h_c = 6 \cdot S_c = 6 \cdot 0,014 = 0,083 \text{ м}.$$

Потужність у сальнику:

$$\begin{aligned} N_c &= 2 \cdot n \cdot d_{г'}^2 \cdot S_c \cdot P \cdot (e^{0,1 \cdot \frac{h_c}{S_c}} - 1) = \\ &= 2 \cdot 1 \cdot 0,098^2 \cdot 0,014 \cdot 0,1 \cdot 10^6 \cdot 0,062 = 119,09 \text{ Вт}, \end{aligned}$$

де $P = 0,1$ МПа - тиск повітря над рівнем рідини.

Встановлена потужність електродвигуна:

$$N_{уст} = \frac{1,15 \cdot (N_p + N_c)}{\eta} = \frac{1,15 \cdot (73,2 + 119,09)}{0,95} = 88,76 \cdot 10^3 \text{ Вт}.$$

Приймаємо двигун потужністю $N_{двиг} = 100$ кВт.

Висновок: приймаємо електродвигун потужністю 100 кВт, який забезпечить перемішування культуральної рідини мішалкою.

4.1.3 Розрахунок витрат поживного середовища та повітря на процес ферментації

Метою розрахунку є визначення кількості поживного середовища та повітря, що витрачаються на процес.

Вихідні дані:

Тривалість процесу $\tau_{пр}$, год	72;
Загальний об'єм культуральної рідини V_k , м ³	70;
Концентрація сухих речовин у культуральній рідині a_c , %	25;
Вміст кисню у повітрі, що подається на аерацію $C_{пов}$, %	17;

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Концентрація меляси у поживному середовищі a_m , % 35;
 Густина дріжджової суспензії ρ , кг/м³ 1010.
 Розрахунок проводимо згідно методики в літературі [21].
 Схема ферментації наведена на рисунку 4.3.

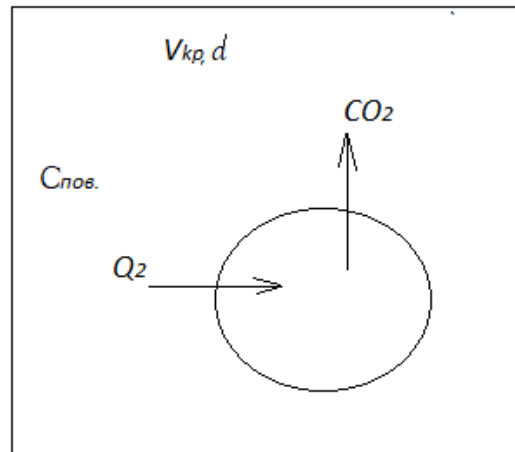


Рисунок 4.3 – Схема ферментації

Маса культуральної рідини:

$$G_{\text{кул}} = V_{\text{к}} \cdot \rho_{\text{к}} = 70 \cdot 1010 = 70,7 \cdot 10^3 \text{ кг.}$$

Маса сухих речовин у культуральній рідині:

$$M_{\text{АСБ}} = \frac{G_{\text{кул}} \cdot a_{\text{с}}}{100} = \frac{70,7 \cdot 10^3 \cdot 25}{100} = 17676 \text{ кг.}$$

Витратний коефіцієнт для субстрату (меляси) [19]:

$$a^s = 1,7 \div 1,9 \frac{\text{кг субстрату}}{\text{кг АСБ}}.$$

Кількість субстрату, яка необхідна для вирощування біомаси:

$$G_s = M_{\text{АСБ}} \cdot a^s = 1,9 \cdot 17676 = 33582,5 \text{ кг.}$$

Кількість поживного середовища, при концентрації маси $a_m = 35\%$, що витрачається на процес:

$$G_{\text{пож}} = \frac{G_s}{a_m} = \frac{33582,5}{0,35} = 95950 \text{ кг.}$$

Витратний коефіцієнт для кисню:

$$a^{O_2} = 0,8 \frac{\text{кг } O_2}{\text{кг АСБ}}.$$

Кількість кисню, яка необхідна для вирощування біомаси:

$$G_{O_2} = M_{\text{АСБ}} \cdot a^{O_2} = 0,8 \cdot 17676 = 14140,8 \text{ кг}.$$

Кількість повітря, що витрачається на процес з урахуванням ступеню використання кисню $\Psi_{O_2} = 0,3$ [21]:

$$G_{\text{пов}} = \frac{G_{O_2}}{a_{\text{пов}} \cdot \Psi} = \frac{14140,8}{0,1875} = 75417,6 \text{ кг},$$

де

$$a_{\text{пов}} = \frac{C_{\text{пов}} \cdot M_{O_2}}{M_{\text{пов}}} = \frac{0,17 \cdot 32}{29} = 0,1875.$$

Середні витрати повітря у ферментаторі:

$$G_{\text{пов}'} = \frac{G_{\text{пов}}}{3600 \cdot \tau_{\text{пр}}} = \frac{75417,6}{3600 \cdot 72} = 0,29 \text{ кг/с.}.$$

При ступені використання $\Psi_{O_2} = 0,33$ [19]:

$$G_{\text{пов}''} = \frac{G_{\text{пов}'}}{\Psi_{O_2}} = \frac{0,29}{0,33} = 0,87 \text{ кг/с.}.$$

При $t = 293 \text{ К}$: $\rho_{\text{пов}} = 1,23 \text{ кг/м}^3$.

Об'ємні витрати повітря:

$$V_{\text{пов}} = G_{\text{пов}''} / \rho_{\text{пов}} = 0,87 / 1,23 = 0,7 \text{ м}^3/\text{с} = 2520 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Висновок: визначено об'ємні витрати повітря на процес ферментації.

4.1.4 Розрахунок процесу масопереносу

Метою розрахунку є визначення необхідної кількості кисню для перенесення її до біомаси.

Вихідні дані:

Середній об'єм рідини у ферментаторі $V_p, \text{ м}^3$

70;

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Число обертів мішалки n_M , c^{-1}	1;
Коефіцієнт поверхневого натягу σ_p , Н/м	0,05;
Коефіцієнт дифузії кисню у рідині D_h , m^2/c	$2,12 \cdot 10^{-9}$;
Середні витрати повітря $G_{пов'}$, кг/с	0,87;
Густина повітря ρ , $кг/м^3$	1,9;
Діаметр мішалки d_M , м	2,8;
Число ярусів мішалки m_y , шт	1;
Внутрішній діаметр апарата D , м	3,2;
Витрати барботуючого газу q , $м^3/с$	0,1;
Густина середовища ρ_p , $кг/м^3$	1010;
Динамічна в'язкість рідини μ_p , $Па \cdot c$	$1,1 \cdot 10^{-3}$.

Розрахунок проводимо згідно методики в літературі [21].

Схема процесу переносу кисню в ферментаторі зображена на рисунку 4.4.

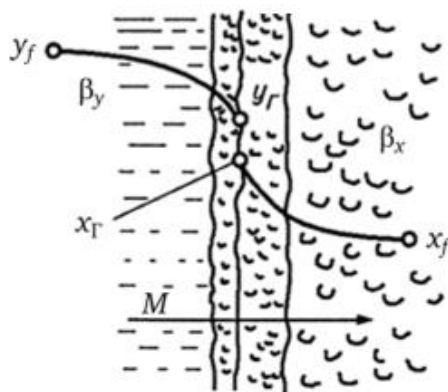


Рисунок 4.4 - Схема процесу переносу кисню в ферментері

Критерій витрат газу:

$$q_s = \frac{G_{пов}}{\rho_{пов}} = \frac{0,87}{0,9} = 0,96 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$\frac{q_r}{n_M \cdot d_M^3} = \frac{0,96}{1,2,8^3} = 0,04 \leq 0,6.$$

Умовна стійкість процесу забезпечується.

Потужність, що витрачається на змішування газорідинної суміші:

$$N_{\text{ГР}} = N_{\text{Р}} \cdot \left(1 - 1,26 \cdot \frac{q_{\text{Г}}}{n_{\text{М}} \cdot d_{\text{М}}^3} \right) = 73,2 \cdot (1 - 1,26 \cdot 0,04) = 69 \text{ кВт}.$$

Дисипація енергії, яка сприймається рідиною від перемішуючого пристрою:

$$E_{\text{Н}} = \frac{N_{\text{ГР}}}{V_{\text{Р}}} = \frac{69}{70} = 0,98 \text{ кВт/м}^3.$$

Дисипація енергії, яка сприймається рідиною від повітря:

$$E_{\text{Г}} = \rho_{\text{Р}} \cdot g \cdot \omega_{\text{Г}} = 1010 \cdot 9,81 \cdot 0,12 = 1,18 \text{ кВт/м}^3.$$

Приведена швидкість в апараті :

$$\omega_{\text{Г}} = \frac{q_{\text{Г}}}{0,785 \cdot D^2} = \frac{0,96}{0,785 \cdot 3,2^2} = 0,12 \text{ м/с}.$$

Швидкість спливання газових сумішей :

$$U_{\text{н}} = 1,5 \cdot \left(\sigma_{\text{Р}} \cdot g \cdot \frac{\rho_{\text{Р}} - \rho_{\text{Г}}}{\rho_{\text{Р}}^2} \right)^{0,25} = 1,5 \cdot \left(\frac{0,05 \cdot 9,81 \cdot 1010 - 1,9}{1010^2} \right)^{0,25} = 0,22 \text{ м/с}.$$

Приймаємо газовміст системи $\phi_{\text{Г}} = 0,15$.

Уточнюємо газовміст системи у першому наближенні:

$$\begin{aligned} \phi_{\text{Г}} &= \left(\frac{\omega_{\text{Г}} \cdot \phi_{\text{Г}}}{U_{\text{н}}} \right)^{0,5} + 2,16 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{E_{\text{М}}^{0,4} \cdot \rho_{\text{Р}}^{0,2}}{\sigma^{0,6}} \cdot \left(\frac{\omega_{\text{Г}}}{U_{\text{н}}} \right)^{0,5} = \\ &= \left(\frac{0,12 \cdot 0,15}{0,22} \right)^{0,5} + 2,16 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{0,98^{0,4} \cdot 1010^{0,2}}{0,05^{0,6}} \cdot \left(\frac{0,12}{0,22} \right)^{0,5} = 0,29. \end{aligned}$$

Друге наближення:

$$\phi_{\text{Г}} = \left(\frac{0,12 \cdot 0,29}{0,22} \right)^{0,5} + 2,16 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{0,98^{0,4} \cdot 1010^{0,2}}{0,05^{0,6}} \cdot \left(\frac{0,12}{0,22} \right)^{0,5} = 0,4$$

Третє наближення:

$$\phi_{\text{Г}} = \left(\frac{0,12 \cdot 0,4}{0,22} \right)^{0,5} + 2,16 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{0,98^{0,4} \cdot 1010^{0,2}}{0,05^{0,6}} \cdot \left(\frac{0,12}{0,22} \right)^{0,5} = 0,47.$$

Приймаємо $\phi_{\text{Г}} = 0,47$.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Знаходимо середній розмір газових бульбашок:

$$d_n = 4,15 \cdot \frac{\sigma_P^{0,6} \cdot \phi_\Gamma^{0,5}}{E_N^{0,4} \cdot \rho_P^{0,2}} + 0,9 \cdot 10^{-3} = 4,15 \cdot \frac{0,05^{0,6} \cdot 0,47^{0,5}}{0,98^{0,4} \cdot 1010^{0,7}} + 0,9 \cdot 10^{-3} = 0,005 \text{ м.}$$

Питома площа міжфазної поверхні:

$$a = \frac{6 \cdot \phi_\Gamma}{d_n} = \frac{6 \cdot 0,47}{0,005} = 564 \text{ м}^2/\text{м}^3.$$

Визначимо площу міжфазної поверхні:

$$\begin{aligned} a &= 1,44 \cdot \left(E_M^{0,4} \cdot \rho_P^{0,2} / \sigma_P^{0,6} \right) \cdot \left(\frac{\omega_\Gamma}{U_n} \right)^{0,5} = \\ &= 1,44 \cdot \left(\frac{980^{0,4} \cdot 1010^{0,2}}{0,05^{0,6}} \right) \cdot \left(\frac{0,12}{0,22} \right)^{0,5} = 402 \text{ м}^2/\text{м}^3. \end{aligned}$$

Середня площа міжфазної поверхні:

$$a_{\text{ср}} = \frac{564 + 402}{2} = 483 \text{ м}^2/\text{м}^3.$$

Об'ємний коефіцієнт масопереносу:

$$\beta_P = \beta_P \cdot a = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 483 = 0,483 \text{ с}^{-1}.$$

Визначаємо об'ємний коефіцієнт масопередачі:

$$\begin{aligned} \beta_P &= 0,8 \cdot E_N^{0,53} \cdot n_M^{0,2} \cdot m^{0,47} \cdot \left(\frac{d_P}{D} \right)^{0,18} = \\ &= 0,8 \cdot 0,98^{0,53} \cdot 1^{0,2} \cdot 1^{0,47} \cdot \left(\frac{2,8}{3,2} \right)^{0,18} = 0,77 \text{ м}^2/\text{м}^3. \end{aligned}$$

Приймаємо менше значення $\beta_v = 0,77 \text{ м}^2/\text{м}^3$.

Рівноважну концентрацію кисню при $t = 304 \text{ К}$ визначаємо за формулою:

$$X^* = y \cdot P \cdot \frac{\rho_P}{M_P \cdot m_P} = \frac{0,12 \cdot 0,1 \cdot 10^6 \cdot 1010}{18,4,81 \cdot 10^9} = 14 \cdot 10^{-5} \text{ кмоль/м}^3 = 2,52 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3,$$

де $m_P = 4,81 \cdot 10^3 \text{ Па}$;

$P = 1 \cdot 10^3 \text{ Па}$ - тиск над рідиною.

При розрахунках процесів вирощування кормових дріжджів:

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$X \approx 0,2 \cdot X^* \approx 0,2 \cdot 2,52 \cdot 10^{-3} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3.$$

Маса кисню, що проходить в одиницю часу через міжфазну поверхню у ферментаторі:

$$q_{O_2} = \beta_v \cdot V \cdot (X^* - X) = 0,77 \cdot 70 \cdot (2,52 \cdot 10^{-3} - 0,3 \cdot 10^{-3}) = 120 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с} = 0,12 \text{ кг/с}.$$

Маса кисню, що проходить через міжфазну поверхню за період роботи ферментатора:

$$G_{O_2} = q_{O_2} \cdot \tau_{\text{пр}} \cdot 3600 = 0,12 \cdot 72 \cdot 3600 = 31,1 \cdot 10^3 \text{ кг}.$$

Висновок: Умови роботи змішувального пристрою забезпечують перенос до біомаси необхідної кількості кисню.

4.1.5 Визначення теплового навантаження ферментатора

Мета – визначити тепловий потік, який необхідно відводити водою під час роботи ферментатора.

Вихідні дані:

Тривалість процесу $\tau_{\text{пр}}$, год	72;
Загальний об'єм культуральної рідини V_k , м ³	70;
Температура повітря у вході в ферментатор $t_{\text{пож}}$, К	343;
Кількість поживного середовища $G_{\text{пож}}$, кг	$95,95 \cdot 10^3$;
Кількість повітря $G_{\text{пов}}$, кг	$75,42 \cdot 10^3$;
Кількість культуральної рідини $G_{\text{культ}}$, кг	$70,7 \cdot 10^3$;
Потужність, що витрачається на процес $N_{\text{дв}}$, кВт	100;
Кількість субстрату G_s , кг	$33,58 \cdot 10^3$.

Розрахунок проводимо згідно методики в літературі [22].

Схема теплового потоку зображена на рисунку 4.5.

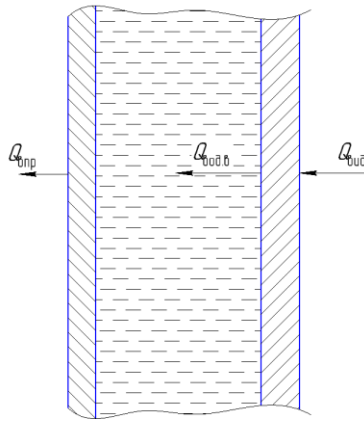


Рисунок 4.5 - Схема теплового потоку

Тепловий ефект при біохімічному синтезі:

$$q_s \approx \frac{a^q}{a^s} = \frac{10}{1,9} = 5,26 \frac{\text{МДж}}{\text{кг субстрату}},$$

де $a^q = 10$ МДж/кг АСБ - витратні коефіцієнти теплової енергії [22].

Загальна кількість теплової енергії, що виділяється в наслідок біохімічного синтезу:

$$Q_s = G_s \cdot q_s = 33,58 \cdot 10^3 \cdot 5,26 = 176,63 \cdot 10^3 \text{ МДж.}$$

Кількість теплової енергії, що приходить у ферментатор з поживним середовищем:

$$Q_{\text{пож}} = G_{\text{пож}} \cdot C_{\text{рпож}} \cdot t_{\text{пож}} = 75,42 \cdot 10^3 \cdot 4,186 \cdot 10^3 \cdot 70 = 22,1 \cdot 10^3 \text{ МДж,}$$

де $C_{\text{рпож}} = 4,18 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К).

Теплова енергія, що підводиться за рахунок перемішуючих пристроїв:

$$Q_N = N_{\text{дв}} \cdot \tau_{\text{дв}} = 100 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 3600 = 6,48 \cdot 10^3 \text{ МДж,}$$

де $\tau_{\text{дв}} = 18$ год - час роботи двигуна.

Кількість теплової енергії, що поступило з повітрям:

$$Q_{\text{пов}} = G_{\text{пов}} \cdot C_{\text{рпов}} \cdot t_{\text{пов}} = 75,42 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 90 = 6,78 \cdot 10^3 \text{ МДж,}$$

де $C_{\text{рпов}} = 1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К).

Теплова енергія, що виноситься культуральною рідиною:

$$Q_{\text{культ}} = G_{\text{культ}} \cdot C_{\text{ркульт}} \cdot t_{\text{культ}} = 70,7 \cdot 10^3 \cdot 3,7 \cdot 10^3 \cdot 31 = 8,1 \cdot 10^3 \text{ МДж.}$$

Кількість теплової енергії, що виноситься повітрям:

$$Q_{\text{повк}} = G_{\text{повк}} \cdot C_{\text{пов}} \cdot t_{\text{повк}} = 61,28 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 31 = 1,899 \cdot 10^3 \text{ МДж},$$

$$G_{\text{повк}} = G_{\text{пов}} - G_{O_2} = (75,42 - 14,14) \cdot 10^3 = 61,28 \cdot 10^3 \text{ кг}.$$

Теплова енергія, що виноситься з ферментатора при випаровуванні рідини:

$$Q_{\text{вип}} = G_{\text{вип}} \cdot r = 17,3 \cdot 10^3 \cdot 2423 \cdot 10^3 = 41,9 \cdot 10^3 \text{ МДж},$$

де $G_{\text{вип}} = 0,12 \cdot G_{\text{пож}} = 0,12 \cdot 95,95 \cdot 10^3 = 11,5 \cdot 10^3 \text{ кг}$ - кількість випареної води;

$r = 2423 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$ - питома теплоємність пароутворення.

Кількість теплової енергії, що відводиться у ферментаторі через рубашку та змішувик:

$$\begin{aligned} Q_{\text{вод}} &= (Q_{\text{пож}} + Q_{\text{пов}} + Q_N + Q_S) - (Q_{\text{культ}} + Q_{\text{повк}} + Q_{\text{вип}}) = \\ &= (22,1 \cdot 10^3 + 6,78 \cdot 10^3 + 6,48 \cdot 10^3 + 176,63 \cdot 10^3) - \\ &\quad - (8,1 \cdot 10^3 + 1,899 \cdot 10^3 + 41,9 \cdot 10^3) = 160,5 \cdot 10^3 \text{ МДж}. \end{aligned}$$

Сумарне теплове навантаження рубашки та змішувика з урахуванням 4% втрат теплової енергії:

$$Q_{\text{сум}} = \frac{0,96 \cdot Q_{\text{вод}}}{\tau_{\text{пр}}} = \frac{0,96 \cdot 160,5 \cdot 10^3}{72 \cdot 3600} = 0,59 \text{ Вт}.$$

Витрата води:

$$G_1 = \frac{Q_{\text{вод}}}{c_1(T_1 - T_2)} = \frac{(160,5 \cdot 10^6 / 3600)}{4176 \cdot (285 - 283)} = 5,38 \text{ кг/с}.$$

Більша різниця температур:

$$\Delta t_6 = t - t_1 = 308 - 285 = 23 \text{ К}.$$

Менша різниця температур:

$$\Delta t_M = t - t_2 = 308 - 298 = 10 \text{ К}.$$

Середній температурний напір:

$$\frac{\Delta t_6}{\Delta t_M} = \frac{23}{10} = 2,3 > 2 \Rightarrow \Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{\ln(\Delta t_6 / \Delta t_M)} = \frac{23 - 10}{\ln(23/10)} = 15,6 \text{ К}.$$

Середня температура води:

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$t_c = t - \Delta t_{cp} = 308 - 15,6 = 292,4 \text{ K}$$

Визначення для апаратів з оболонню при перемішуванні мішалкою коефіцієнту тепловіддачі від середовища до стінки апарата:

Критерій Рейнольдса при перемішуванні:

$$Re_m = \frac{n \cdot d_m^2 \cdot \rho_c}{\mu_c} = \frac{1,2,8 \cdot 1010}{1,1 \cdot 10^{-3}} = 2571000$$

Критерій Прандтля:

$$Pr_1 = \frac{\mu_c \cdot c_c}{\lambda_c} = \frac{1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 3715}{0,2} = 20,43$$

Критеріальне рівняння для визначення критерію Нусельта процесу тепловіддачі від середовища до стінки апарата:

$$Nu_1 = 0,87 \cdot Re^{0,62} \cdot Pr^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_{cm}} \right) = 0,87 \cdot 2571000^{0,62} \cdot 20,43^{0,33} \cdot 1 = 19210$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_c}{D} = \frac{19210 \cdot 0,2}{3,2} = 1200 \text{ , Вт/(м}^2 \cdot \text{K)}.$$

Визначення для апаратів з оболонками при перемішуванні мішалкою коефіцієнту тепловіддачі від стінки ферментера до рідини:

Приймаємо оболонь з половинок труби 89x4, внутрішнім діаметром $d_B = 0,081 \text{ м}$.

Площа перетину труби:

$$f = \frac{\pi \cdot d_g^2}{8} = \frac{3,14 \cdot 0,081^2}{8} = 0,00257 \text{ м}^2$$

Швидкість води в трубі:

$$w_1 = \frac{G_1}{f \cdot \rho_g} = \frac{5,38}{0,0025765 \cdot 999} = 2,08 \text{ м/с ;}$$

Еквівалентний діаметр для напівтруб:

$$d_e = \frac{4f}{\Pi} = \frac{4f}{\pi \frac{d_B}{2} + d_B} = \frac{4 \cdot 0,0025765}{3,1416 \frac{0,081}{2} + 0,081} = 0,049 \text{ м}.$$

Критерій Рейнольдса:

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$Re_m = \frac{w \cdot d_v^2 \cdot \rho_c}{\mu_c} = \frac{0,207 \cdot 0,049 \cdot 998}{0,00102} = 99720.$$

Оскільки критерій Рейнольдса $> 10^5$, то це турбулентний режим. Тоді розрахунок ведеться для турбулентного режиму:

Критерій Прандтля:

$$Pr_1 = \frac{\mu \cdot c_v}{\lambda_v} = \frac{0,00102 \cdot 4176}{0,6} = 7,1.$$

Критерій Нусельта:

$$Nu_1 = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right) = 0,021 \cdot 99780^{0,8} \cdot 7,1^{0,43} \cdot 1 = 486,7$$

Коефіцієнт теплопередачі з врахуванням спіральної форми, Вт/(м²·К):

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_c}{D} \cdot (1 + 3,54 \cdot \frac{d_v}{D}) = \frac{486,7 \cdot 0,6}{0,049} \cdot (1 + 3,54 \cdot \frac{0,049}{3,2}) = 6283$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі знайдемо з рівняння, Вт/(м²·К):

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1200} + \frac{0,008}{15} + \frac{1}{6283}} = 655,3$$

де $\delta = 0,008$ м – товщина стінки

$\lambda_{ст} = 15$ Вт/м·К – теплопровідність сталі; [25]

Температура стінки апарату:

$$t_{cm} = t_1 + K \cdot \Delta t_{cp} / \alpha_2 = 285 + 655,3 \cdot 15,6 / 6283 = 286,62$$

Площа поверхні теплообміну ферментера:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{4444}{655,3 \cdot 15,6} = 4,34 \text{ м}^2.$$

Визначаємо кількість необхідних витків змішувача.

Площа поверхні одного витка:

$$F_n = \pi \cdot D_p \cdot d_v = 3,1416 \cdot 3,216 \cdot 0,081 = 0,816 \text{ м}^2.$$

Кількість витків:

$$N = F / F_n = 4,34 / 0,816 = 5,35$$

Приймаємо $N = 6$.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Тоді площа теплообміну:

$$F = F_n \cdot N = 0,816 \cdot 6 = 5 \text{ м}^2.$$

Висновок: приймаємо змієвик з 6 витками, площею поверхні теплообмінну 5 м².

4.1.6 Розрахунок штуцерів ферментера

Мета розрахунку: визначення розмірів штуцерів, в залежності від швидкості руху теплоносіїв та їх витрат.

Вихідні дані:

густина середовища ρ_c , кг/м ³	1010;
густина води ρ_1 , кг/м ³	998;
густина води на виході ρ_2 , кг/м ³	999;
температура води при вході в оболонку t_1 , К	283;
температура води при виході з оболонки t_2 , К	285;
температура середовища t , К	304;
витрата води G_1 , кг/с	0.534;
робочий об'єм ферментера V_p , м ³	70;
витрати повітря q_r , м ³ /с	0,12;
час заповнення ферментера τ , с	480;

Розрахунок проводимо згідно методики [23].

Схема штуцера зображена на рисунку 4.6.

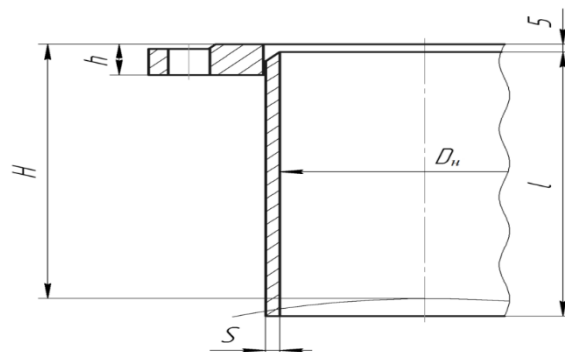


Рисунок 4.6 – Штуцер

Для розрахунку діаметрів штуцерів приймаємо значення для швидкостей потоку із рекомендованого діапазону для рідин та газів:

Приймаємо для розрахунку швидкості:

- охолоджуючої води $\omega_{\text{вод.}} = 1 \text{ м/с}$;

- повітря $\omega_{\text{п.}} = 8 \text{ м/с}$;

- вхідного розчину $\omega_{\text{р1}} = 3 \text{ м/с}$;

Тоді діаметр патрубкa для входу охолоджуючої води становить:

$$d_{\text{вод}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{вод}}}{\pi \cdot \rho_{\text{вод}} \omega_{\text{вод}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,534}{3,14 \cdot 998 \cdot 1}} = 0,026 \text{ м},$$

Діаметр патрубкa для виходу охолоджуючої води становить:

$$d_{\text{вод}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{вод}}}{\pi \cdot \rho_{\text{вод}} \omega_{\text{вод}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,534}{3,14 \cdot 999 \cdot 1}} = 0,026 \text{ м},$$

Приймаємо діаметри для патрубків входу та виходу охолоджуючої води згідно з АТК 24.218.06-90: $D_{\text{вод}} = 50 \text{ мм}$;

Визначаємо продуктивність штуцерів для входу розчину.

$$G_1 = \frac{V_p \cdot \rho_c}{\tau} = \frac{70 \cdot 1010}{480} = 147,2.$$

Для входу початкового розчину розрахунковий діаметр штуцера визначимо:

$$d_{\text{р1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_1}{\pi \cdot \rho_c \omega_{\text{р1}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 147,2}{3,14 \cdot 1010 \cdot 3}} = 0,25 \text{ м},$$

Приймаємо $D_p = 250 \text{ мм}$,

З умови вільного витікання рідини за час $\tau = 360 \text{ с}$, необхідна площа перерізу штуцера визначається:

$$f = \frac{2 \cdot F \cdot \sqrt{H}}{a \cdot \tau \cdot \sqrt{2 \cdot g}} = \frac{2 \cdot 8,04 \cdot \sqrt{8,56}}{1 \cdot 360 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} = 0,02951 \text{ м}^2$$

де $a = 1$ – коефіцієнт швидкості стиснутого струменя

$F = \pi D^2 / 4 = 3,1415 \cdot 3,2^2 / 4 = 8,04 \text{ м}^2$ – площа поперечного перетину циліндричної частини апарату.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$H = 8,56$ м – висота рідини в апараті.

Для виходу розчину розрахунковий діаметр штуцера визначимо:

$$d_{p2} = \sqrt{\frac{4 \cdot f}{\Pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.02951}{3,14}} = 0,194.$$

Приймаємо $D_p = 200$ мм,

Діаметр штуцерів для виходу та виходу повітря:

$$d_{p1} = \sqrt{\frac{q_r}{0,78 \cdot \omega_n}} = \sqrt{\frac{0,12}{0,785 \cdot 8}} = 0,138 \text{ м.}$$

Приймаємо $D_{3,4} = 150$ мм

Висновок: в результаті проведеного розрахунку були визначені діаметри патрубків штуцерів і визначено їх основні розміри, що забезпечують рекомендовані швидкості потоків.

4.1.7 Розрахунок циліндричної обичайки з оболонню на міцність

Мета розрахунку: визначити товщину стінки циліндричної обичайки ферментера та товщину труб оболоні.

Вихідні дані:

внутрішній діаметр апарату D , м	3,2;
товщина стінки труби оболоні s_t , м	0,004;
внутрішній радіус труби оболоні R , м	0,0405;
робочий надлишковий тиск в апараті P_p , Па	$0,1 \cdot 10^6$;
розрахунковий надлишковий тиск в трубі оболоні P_t , Па	$0,6 \cdot 10^6$;
коефіцієнт міцності зварного шва ϕ ,	0,9;
допустимі напруження обичайки з 12X18H10T $[\sigma]$, Па	$182 \cdot 10^6$;
допустимі напруження для навівтруб зі СтЗсп $[\sigma_t]$, Па	$155 \cdot 10^6$;
крок змійовика t , м	0,24;
коефіцієнт запасу стійкості n_y	2,4;
межа плинності 12X18H10T σ_n , Па	$275 \cdot 10^6$;
відхилення корпусу від круглої форми u , %	1,5;

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

розмір труби в місці приєднання до корпусу l , м 0,0828;
 густина рідини ρ_p , кг/м³ 1010;
 висота шару рідини H , м 7,7;

Розрахунок проводимо згідно методики в літературі [24].

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.7.

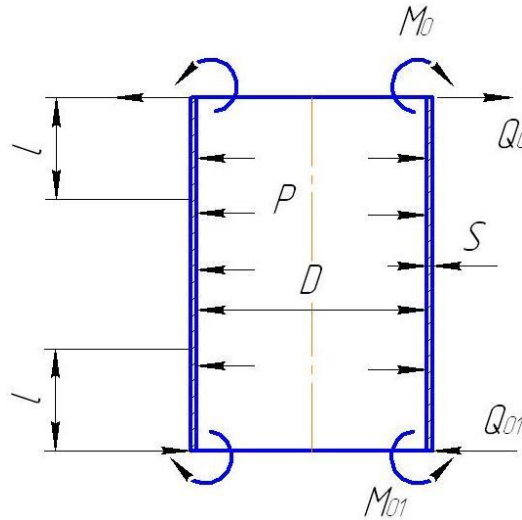


Рисунок 4.7 – Оболонь.

Гідростатичний тиск:

$$P' = \rho_p \cdot g \cdot H = 1010 \cdot 9,81 \cdot 7,7 = 76290 \text{ Па}$$

Відношення гідростатичного тиску до робочого:

$$P' / P_p = 76290 / 100000 = 0,76 > 0,05$$

Необхідно врахувати гідростатичний тиск:

$$P = P' + P_p = 76290 + 100000 = 176290 \text{ Па};$$

Номінальна розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки апарату, з умови міцності, з врахуванням вигинаючого навантаження, м:

$$S' = \frac{P \cdot D}{4 \cdot \varphi \cdot [\sigma]} + 2 \cdot R \sqrt{\frac{P_T}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_T]}} =$$

$$= \frac{0,176 \cdot 10^6 \cdot 3,2}{4 \cdot 0,9 \cdot 182 \cdot 10^6} + 2 \cdot 0,0405 \sqrt{\frac{0,6 \cdot 10^6}{2 \cdot 0,9 \cdot 155 \cdot 10^6}} = 4,6 \cdot 10^{-3}$$

Прибавка до розрахункової товщини стінки:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = 1 + 0,8 + 0 = 1,8 \text{ мм};$$

де $c_1 = 1$ мм – прибавка на корозію матеріалу;

$c_2 = 0,8$ мм – прибавка на мінусовий допуск;

$c_3 = 0$ – технологічна прибавка.

Товщина стінки з врахуванням прибавок, мм:

$$s = s' + c = 4,6 + 1,8 = 6,4$$

Приймаємо товщину стінки обичайки $s = 8$ мм.

Розрахункова товщина стінки напівтруби:

$$s_T = \frac{1 + \sqrt{1 + 25 \cdot A \cdot B}}{4A} \cdot d = \frac{1 + \sqrt{1 + 25 \cdot 230,4 \cdot 0,0828}}{4 \cdot 230,4} \cdot 0,081 = 0,002 \text{ м.}$$

$$\text{де } A = \frac{\varphi[\sigma]}{P_T} - 2,1 = \frac{0,9 \cdot 155 \cdot 10^6}{0,6 \cdot 10^6} - 2,1 = 230,4;$$

$$B = \frac{t-d}{t} \cdot \left(\frac{s_T}{s} \right)^3 = \frac{0,24 - 0,081}{0,24} \cdot \left(\frac{0,004}{0,008} \right)^3 = 0,0828;$$

Товщина стінки з врахуванням прибавки на корозію:

$$s_T = s' + c = 2 + 1 = 3 \text{ мм.}$$

Остаточно приймаємо товщину стінки труби $s_T = 4$ мм.

Допустимий тиск в оболоні розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned} [P_T] &= \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_T]}{d^2} \cdot \left((s-c) - \frac{P \cdot D}{8 \cdot \varphi \cdot [\sigma]} \right) = \\ &= \frac{2 \cdot 0,9 \cdot 155 \cdot 10^6}{0,081^2} \cdot \left((8-1,8) - \frac{0,176 \cdot 10^6 \cdot 3,2}{8 \cdot 0,9 \cdot 182 \cdot 10^6} \right) = 1414651 \text{ Па} \end{aligned}$$

$$600000 \text{ Па} \leq 1414651 \text{ Па}$$

$$p_T \leq [p_T]$$

Умова виконується.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Визначимо розрахункову товщину циліндричної стінки апарату з умови стійкості. Попередньо знайдемо коефіцієнти:

$$A = 2 \frac{\sigma_n}{n_y D} \left(1 + 0,1 \frac{D}{l} \right) \left(1 + 5 \frac{D}{l} \right) =$$

$$= 2 \cdot \frac{275 \cdot 10^6}{2,4 \cdot 3,2} \left(1 + 0,1 \cdot \frac{3,2}{0,0828} \right) \left(1 + 5 \cdot \frac{3,2}{0,0828} \right) = 6,77 \cdot 10^{10};$$

$$B = P \cdot \left(1 + 5 \frac{D}{l} \right) = 0,177 \cdot 10^6 \cdot \left(1 + 5 \cdot \frac{3,2}{0,0828} \right) = 3,44 \cdot 10^7;$$

$$C = 0,03 \cdot P \cdot D \cdot u = 0,03 \cdot 0,176 \cdot 10^6 \cdot 3,2 \cdot 1,5 = 25488;$$

Номінальна розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки з умови стійкості:

$$s' = \frac{B + \sqrt{B^2 + 4AC}}{2A} =$$

$$= \frac{3,44 \cdot 10^7 + \sqrt{(3,44 \cdot 10^7)^2 + 4 \cdot 6,77 \cdot 10^{10} \cdot 25488}}{2 \cdot 6,77 \cdot 10^{10}} = 9,182 \cdot 10^{-4} \text{ м};$$

Розрахункова товщина стінки з умови міцності значно більше, за товщину стінки з умови стійкості.

Допустимий внутрішній тиск в обичайці з умов міцності в безмоментній зоні:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s - c)}{D + (s - c)} = \frac{2 \cdot 182 \cdot 0,9 \cdot 10^6 (0,008 - 0,0018)}{3,2 + (0,008 - 0,0018)} = 633500 \text{ Па} .$$

$$176290 \text{ Па} \leq 633500 \text{ Па}$$

$$p \leq [p]$$

Умова виконується.

Остаточно приймаємо товщину стінки обичайки $s = 8 \text{ мм}$.

Висновок: за результатами проведених розрахунків визначено, що умови міцності напівтруб виконуються для товщини 4 мм, та умова міцності обичайки виконується для її товщини 8 мм.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

4.1.8 Розрахунок товщини еліптичного днища

Мета розрахунку – перевірка вибраних по умовному тиску еліптичної кришки з усіма конструктивними розмірами при експлуатації в робочих умовах.

Вихідні данні :

внутрішній тиск p , МПа	0,176;
розрахункова температура T , К	304;
матеріал кришки	12X18H10T;
допустиме напруження для матеріалу стінок $[\sigma]$, МПа	182;
внутрішній діаметр апарата D , м	3,2;
коефіцієнт послаблення зварним швом, φ	0,7.

Розрахунок проводимо згідно методики у літературі [24].

Схема еліптичного днища представлена на рисунку 4.8.

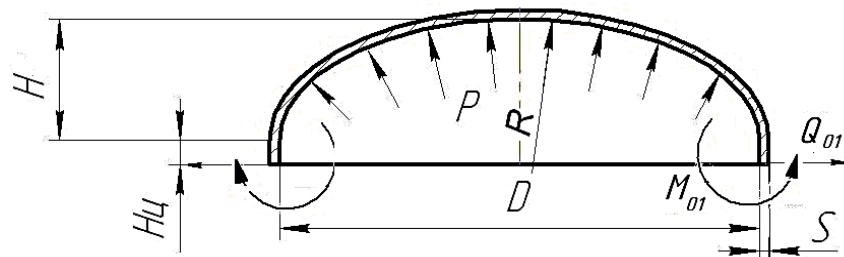


Рисунок 4.8 – Схема еліптичного днища та еліптичної кришки

Радіус кривини серединної поверхні у вершині днища:

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = \frac{3,2^2}{4 \cdot 0,8125} = 3,2 \text{ м},$$

де $H = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 3,2 = 0,8125 \text{ м}.$

Розрахункова товщина стінки:

$$S_p = \frac{P \cdot R}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot P} = \frac{0,176 \cdot 3,2}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,182 - 0,5 \cdot 0,176} = 0,0017 \text{ м.}$$

Товщину днища необхідно приймати не менше товщини корпусу. Приймаємо виконавчу товщина стінки з ряду лінійних розмірів та з міркування технологічності приварки днища та кришки до циліндричної обичайки 0,010 м.

Прибавка до розрахункової товщини стінки:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = 1 + 0,8 + 0 = 1,8 \text{ мм};$$

де $c_1 = 1$ мм – прибавка на корозію матеріалу;

$c_2 = 0,8$ мм – прибавка на мінусовий допуск;

$c_3 = 0$ – технологічна прибавка.

Допустимий внутрішній тиск:

$$[p] = \frac{2 \cdot (S - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{R + 0,5 \cdot (S - c)} = \frac{2 \cdot (0,01 - 0,0018) \cdot 0,9 \cdot 182 \cdot 10^6}{3,2 + 0,5 \cdot (0,01 - 0,0018)} = 838400 \text{ Па}.$$

Перевіряємо умову міцності:

$$p = 176290 \text{ Па} < [p] = 838400 \text{ Па}$$

Умова виконується.

Висновок: умова міцності виконується, отже розрахована виконавча товщина стінки еліптичного днища $S = 0,010$ м забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

4.1.9 Розрахунок перемішуючого пристрою

Метою розрахунку є знайти товщину лопатей якірної мішалки яка задовольняє умовам міцності, при даному режимі перемішування, та порівняти її з наявною товщиною.

Вихідні дані:

Діаметр мішалки d_m , м	2,8;
Потужність, що витрачається мішалкою N , Вт	3104;
Кутова швидкість обертання лопаті ω , 1/с	3;
Ширина лопатей b , м	0,196;

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Висота лопаті h , м	2,4;
Радіус еліпсного елемента лопаті R_l , м	0,78
r_l ,	0,584
Допустиме напруження матеріалу лопатей $[\sigma]$, МПа	150.

Розрахунок ведеться за методикою викладеною в [19].

Схема розрахунку наведена на рисунку 4.9.

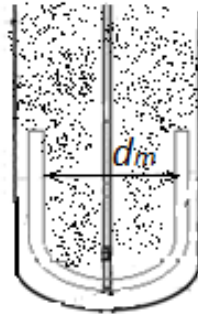


Рисунок 4.9 – Схема перемішуючого пристрою

Зусилля, що діє на прямокутний елемент лопаті, H :

$$P_1 = \frac{N \cdot h (R_M^3 - r_M^3)}{3 \cdot z \cdot \omega \cdot A} = \frac{3104 \cdot 2,4 \cdot (1,4^3 - 1,204^3)}{3 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4,331} = 95,43$$

$$P_1 = \frac{N \cdot \pi (R_M^3 \cdot R_l - r_M^3 \cdot r_l)}{16 \cdot z \cdot \omega \cdot A} = \frac{3104 \cdot 3,14 \cdot (1,4^3 \cdot 0,78 - 1,204^3 \cdot 0,584)}{16 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4,331} = 26,27$$

де

$$A = \frac{h \cdot (R_M^4 - r_M^4)}{4} + \frac{2 \cdot (R_M^4 \cdot R_l - r_M^4 \cdot r_l)}{15} = \frac{2,4(1,4^4 - 1,204^4)}{4} + \frac{2(1,4^4 \cdot 0,78 - 1,204^4 \cdot 0,584)}{15} = 4,331$$

Відстань від осі мішалки до точок прикладання сил P_1 і P_2 :

$$X_1 = \frac{3}{4} \cdot \frac{(R_m^4 - r_m^4)}{(R_m^3 - r_m^3)} = \frac{3}{4} \cdot \frac{(1,4^4 - 1,204^4)}{(1,4^3 - 1,204^3)} = 1,307$$

$$X_1 = \frac{32}{15\pi} \cdot \frac{(R_m^4 \cdot R_l - r_m^4 \cdot r_l)}{(R_m^3 \cdot R_l - r_m^3 \cdot r_l)} = \frac{32}{15 \cdot 3,14} \cdot \frac{(1,4^4 \cdot 0,78 - 1,204^4 \cdot 0,584)}{(1,4^3 \cdot 0,78 - 1,204^3 \cdot 0,584)} = 1,072$$

Відстань від великої півосі еліпса до точки прикладання сили P_2 :

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$y_1 = \frac{16}{15\pi} \cdot \frac{(R_m^3 \cdot R_1 - r_m^3 \cdot r_1)}{(R_m^3 \cdot R_1 - r_m^3 \cdot r_1)} = \frac{16}{15 \cdot 3,14} \cdot \frac{(1,4^3 \cdot 0,78 - 1,204^3 \cdot 0,584)}{(1,4^3 \cdot 0,78 - 1,204^3 \cdot 0,584)} = 0,34$$

Відстань від місця закріплення лопаті до точки прикладання сили P_1 :

$$l = \frac{h}{2} + y_2 = \frac{2,4}{2} + 0,34 = 1,54, \text{ м}$$

Згинаючий момент в перерізі закріплення лопаті, Н·м:

$$M_3 = P_1 \cdot x_1 + P_2 \cdot x_2 = 95,43 \cdot 1,307 + 26,27 \cdot 1,072 = 152,8$$

Крутний момент в перерізі закріплення лопаті, Н·м:

$$M_3 = P_1 \cdot l = 95,43 \cdot 1,54 = 146,96.$$

Розрахунковий момент опору лопаті при вигині, м³:

$$W = \frac{\sqrt{M_{кр}^2 + M_{зг}^2}}{[\sigma]} = \frac{\sqrt{146,96^2 + 152,8^2}}{150 \cdot 10^6} = 1,4 \cdot 10^{-6}.$$

Номінальна розрахункова товщина лопаті, м :

$$S = \sqrt{\frac{6 \cdot W}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 1,4 \cdot 10^{-6}}{0,196}} = 6,6 \cdot 10^{-3}.$$

Висновок: приймаємо товщину лопаті якірної мішалки $S = 8$ мм.

4.1.10 Розрахунок валу на жорсткість

Метою розрахунку є перевірка умови жорсткості вала.

Вихідні дані:

довжина валу L_2 , м	5,35;
координата центра маси півмуфти l_4 , м	5,35;
координата небезпечного перерізу (ущільнення): z_j , м	1,68;
маса півмуфти m_4 , кг	31;
діаметр валу d , м	0,11;
густина матеріалу вала ρ , кг/м ³	7850;
частота обертання вала ω , с ⁻¹	13,09;
модуль пружності матеріалу вала E , МПа	$2 \cdot 10^5$;

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

довжина прольоту L , м	0,85;
довжина консолі L_1 , м	4,5;
приведена маса деталі на консолі $m_{пр}$, кг	31;
маса 1 метра довжини вала m_L , кг/м	74,6;
момент інерції перерізу вала I , м ⁴	$7,187 \cdot 10^{-6}$;
критична частота обертання вала ω , с ⁻¹	18,89;
початкова увігнутість вала в точці приведення ε_B , м	$5 \cdot 10^{-5}$;
зазор в опорі А Δ_A , м	$4 \cdot 10^{-5}$;
зазор в опорі Б Δ_B , м	$4 \cdot 10^{-5}$;
Розрахунок ведеться за методикою викладеною в [25].	
Схема розрахунку наведена на рисунку 4.10.	

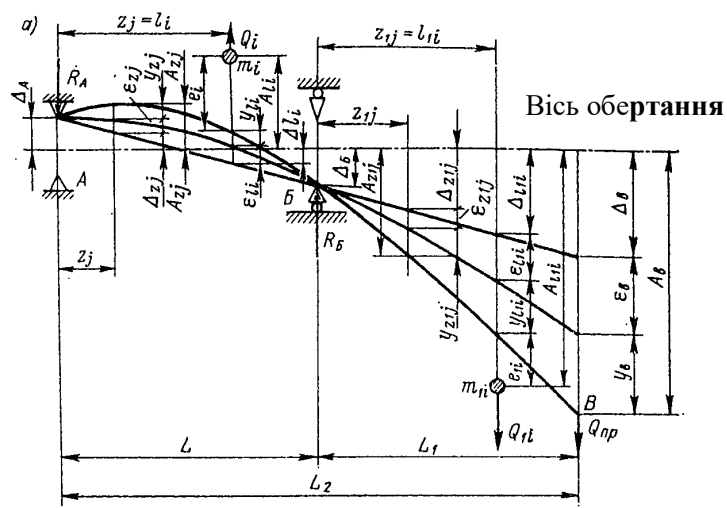


Рисунок 4.10 – Схема зміщення для розрахунку консольного вала

Ексцентриситет маси:

$$e = \frac{10^{-3}}{\sqrt{\omega}} = \frac{10^{-3}}{\sqrt{13,09}} = 2,764 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Відносна координата небезпечного по жорсткості перетину:

$$\bar{z}_{ij} = \frac{z_{ij}}{L_1} = \frac{1,68}{4,5} = 0,373.$$

Визначаємо відносну довжину консолі:

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$\bar{L}_1 = \frac{L}{L_1} = \frac{0,85}{4,5} = 0,19$$

Безрозмірний динамічний прогин вала в небезпечному перерізі за рисунком 4.14:

$$\bar{I} z_{ij} = f(\bar{z}_{ij}, \bar{L}_1) = f(0,373; 0,19) = 0,22.$$

Зведена маса вала:

$$m_{\text{впр}} = m_L \cdot L_1 = 0,25 \cdot 74,6 \cdot 4,5 = 83,4 \text{ кг.}$$

Зміщення осі вала в небезпечному по жорсткості перерізі за рахунок зазорів в опорах:

$$\begin{aligned} \Delta z_{ij} &= \frac{(\Delta_A + \Delta_B) \cdot (z_{ij} + L)}{L} - \Delta_A = \\ &= \frac{(4 \cdot 10^{-5} + 4 \cdot 10^{-5}) \cdot (1,68 + 0,85)}{0,85} - 4 \cdot 10^{-5} = 1,98 \cdot 10^{-4} \text{ м,} \end{aligned}$$

Зміщення осі вала в небезпечному по жорсткості перерізі за рахунок початкової вигнутості:

$$\varepsilon_{z_{ij}} = \varepsilon_{\text{с}} \cdot \bar{I} z_{ij} = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,22 = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ м,}$$

Визначаємо зміщення осі вала від осі обертання в точці зведена за рахунок зазорів в опорах:

$$\Delta_{\text{с}} = (\Delta_A + \Delta_B) \cdot \frac{L_2}{L} - \Delta_A = (4 \cdot 10^{-5} + 4 \cdot 10^{-5}) \cdot \frac{5,35}{0,85} - 4 \cdot 10^{-5} = 4,63 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Приведений ексцентриситет маси деталі:

$$e_{\text{пріj}} = e \cdot l_{\text{пріj}} = 2,764 \cdot 10^{-4} \cdot 1 = 2,764 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

де $l_{\text{пріj}} = 1$ з рисунку 4.13.

Зведений в точці ексцентриситет маси деталей визначається:

$$e'_{\text{пр}} = \frac{m_{\text{пріj}} \cdot l_{\text{пріj}}}{m_{\text{пр}} + m_{\text{впр}}} = \frac{31 \cdot 1}{31 + 83,4} = 7,455 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

Тоді зведений ексцентриситет маси вала буде дорівнювати:

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$e_{np} = e'_{np} + \Delta_{\epsilon} + \epsilon_{\epsilon} = 7,455 \cdot 10^{-5} + 4,63 \cdot 10^{-4} + 5 \cdot 10^{-5} = 5,88 \cdot 10^{-4},$$

Динамічний прогин осі вала в точці зведення:

$$I_{\epsilon} = \frac{e_{np}}{\left(\frac{\omega_{кр}}{\omega}\right)^2 - 1} = \frac{5,88 \cdot 10^{-4}}{\left(\frac{18,89}{13,09}\right)^2 - 1} = 5,43 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Визначаємо зміщення в небезпечному по жорсткості перерізі за рахунок динамічного прогину:

$$I_{zij} = I_{\epsilon} \cdot \bar{I}_z = 5,43 \cdot 10^{-4} \cdot 0,22 = 1,19 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Динамічне зміщення вала в перерізі:

$$A_{zij} = I_{zij} + \Delta z_{ij} + \epsilon z_{ij} = 1,19 \cdot 10^{-4} + 1,98 \cdot 10^{-4} + 1,1 \cdot 10^{-5} = 3,286 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Умова жорсткості:

$$A_{zij} \leq [A]_{zij},$$

де $[A]_{zij}$ - допустиме зміщення вала в перерізі z_{ij} ,

$$[A]_{zij} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

$$0,3286 \cdot 10^{-3} > 0,25 \cdot 10^{-3}.$$

Умова жорсткості не виконується.

Для збільшення жорсткості вибираємо опору іншої конструкції (стійка тип 5, з подвійним торцевим ущільненням з підшипниковою опорою ущільненого валу).

Тоді в нас будуть наступні параметри:

довжина валу $L_2 = 4,58 \text{ м}$;

довжина в прольоті $L = 0,796 \text{ м}$;

довжина консолі $L_1 = 3,784 \text{ м}$;

координата небезпечного перерізу $z_1 = 1,08 \text{ м}$.

Відносна координата небезпечного по жорсткості перетину:

$$\bar{z}_{ij} = \frac{z_{ij}}{L_1} = \frac{1,08}{3,784} = 0,285.$$

Визначаємо відносну довжину консолі:

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$\overline{L_1} = \frac{L}{L_1} = \frac{0,796}{3,784} = 0,21$$

Безрозмірний динамічний прогин вала в небезпечному перерізі за рисунком 4.13:

$$\overline{I} z_{ij} = f(\overline{z}_{ij}, \overline{L_1}) = f(0,285; 0,21) = 0,17.$$

Зведена маса вала:

$$m_{\text{впр}} = m_L \cdot L_1 = 0,25 \cdot 74,6 \cdot 3,784 = 70,6 \text{ кг.}$$

Зміщення осі вала в небезпечному по жорсткості перерізі за рахунок зазорів в опорах:

$$\begin{aligned} \Delta z_{ij} &= \frac{(\Delta_A + \Delta_B) \cdot (z_{ij} + L)}{L} - \Delta_A = \\ &= \frac{(4 \cdot 10^{-5} + 4 \cdot 10^{-5}) \cdot (1,08 + 0,796)}{0,796} - 4 \cdot 10^{-5} = 1,48 \cdot 10^{-4} \text{ м,} \end{aligned}$$

Зміщення осі вала в небезпечному по жорсткості перерізі за рахунок початкової вигнутості:

$$\varepsilon_{z_{ij}} = \varepsilon_{\text{с}} \cdot \overline{I} z_{ij} = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,17 = 0,85 \cdot 10^{-5} \text{ м,}$$

Визначаємо зміщення осі вала від осі обертання в точці зведена за рахунок зазорів в опорах:

$$\Delta_{\text{с}} = (\Delta_A + \Delta_B) \cdot \frac{L_2}{L} - \Delta_A = (4 \cdot 10^{-5} + 4 \cdot 10^{-5}) \cdot \frac{4,58}{0,796} - 4 \cdot 10^{-5} = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Приведений ексцентриситет маси деталі:

$$e_{\text{пріj}} = e \cdot l_{\text{пріj}} = 2,764 \cdot 10^{-4} \cdot 1 = 2,764 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

де $l_{\text{пріj}} = 1$ з рисунку 4.13.

Зведений ексцентриситет маси деталей визначається:

$$e'_{\text{пр}} = \frac{m_{\text{пріj}} \cdot e_{\text{пріj}}}{m_{\text{нр}} + m_{\text{впр}}} = \frac{31 \cdot 2,764 \cdot 10^{-4}}{31 + 70,57} = 8,44 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

де $l_{\text{пріj}} = 1$ з рисунку 4.14.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Тоді зведений ексцентриситет маси вала буде дорівнювати:

$$e_{np} = e'_{np} + \Delta_{\epsilon} + \epsilon_{\epsilon} = 8,44 \cdot 10^{-5} + 4,2 \cdot 10^{-4} + 5 \cdot 10^{-5} = 4,2 \cdot 10^{-4},$$

Відносна приведена маса деталей:

$$\bar{m}_{np} = \frac{m_{np}}{m_L \cdot L_1} = \frac{31}{74,6 \cdot 3,784} = 0,09$$

Корінь частотного рівняння з рисунку 4.15:

$$\alpha = f(\bar{m}_{np}) = f(0,09) = 1,6$$

Перша критична кутова швидкість:

$$\omega_{kp1} = \left(\frac{\alpha}{L_1} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_L}} = \left(\frac{1,6}{3,784} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 7,187 \cdot 10^{-6}}{74,6}} = 24,82 \text{ с}^{-1}$$

Динамічний прогин осі вала в точці зведення:

$$I_{\epsilon} = \frac{e_{np}}{\left(\frac{\omega_{kp}}{\omega} \right)^2 - 1} = \frac{4,2 \cdot 10^{-4}}{\left(\frac{24,82}{13,09} \right)^2 - 1} = 2,13 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Визначаємо зміщення в небезпечному по жорсткості перерізі за рахунок динамічного прогину:

$$I_{zij} = I_{\epsilon} \cdot \bar{I}_z = 2,13 \cdot 10^{-4} \cdot 0,17 = 0,363 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Динамічне зміщення вала в перерізі:

$$A_{zij} = I_{zij} + \Delta_{zij} + \epsilon_{zij} = 0,363 \cdot 10^{-4} + 1,48 \cdot 10^{-4} + 0,85 \cdot 10^{-5} = 0,193 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Умова жорсткості:

$$A_{zij} \leq [A]_{zij},$$

$$0,193 \cdot 10^{-3} < 0,25 \cdot 10^{-3}.$$

Умова жорсткості виконується.

Висновок: за результатом розрахунку валу на жорсткість, було визначено тип стійки та ущільнення, для якого за заданої частоти обертання переміщуючого пристрою умова жорсткості виконується.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

4.1.11 Розрахунок опор ферментера

Мета розрахунку: визначити навантаження на опору ферментера та вибрати її розмір.

Вихідні дані:

робочий об'єм ферментера V_p , м^3	70
густина рідини ρ_p , $\text{кг}/\text{м}^3$	1010;
маса стійки $m_{ст}$, кг	440;
маса електродвигуна $m_{ел}$, кг	355;
об'єм оболоні $V_{вод}$, м^3	0,03786;
маса корпусу m_k , кг	10175;
маса редуктора $m_{рт}$, кг	400;
маса зубчатої муфти m_4 , кг	62;
довжина валу L , м	9,93;
маса 1 метра довжини вала m_L , $\text{кг}/\text{м}$	74,6;
сумарна маса перемішуючих пристроїв m_m , кг	104;
маса повітря у ферментері $m_{пов}$, кг	40;
маса кришки $m_{кр}$, кг	1025;

Схема конструкції опор показана на рисунку 4.11

Розрахунок опор згідно [24].

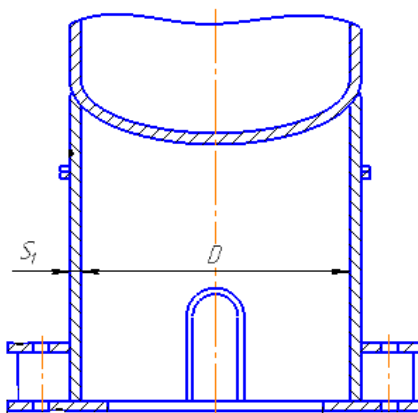


Рисунок 4.11 – Схема опори

Маса рідини в апараті:

$$m_p = \rho_p \cdot V_p = 1010 \cdot 70 = 70700 \text{ кг.}$$

Маса валу:

$$m_b = L \cdot m_L = 9,93 \cdot 74,6 = 740 \text{ кг.}$$

Маса порожнього апарату:

$$\begin{aligned} m_a &= m_{ст} + m_{ел} + m_k + m_{рт} + m_4 + m_m + m_{кр} + m_b = \\ &= 440 + 355 + 10175 + 400 + 62 + 104 + 1025 + 740 = 13300 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Маса охолоджуючої води:

$$m_{вод} = V_{вод} \cdot \rho = 0,03786 \cdot 1000 = 37,86 \text{ кг.}$$

Маса апарату в робочому стані:

$$m = m_a + m_p + m_{пов} + m_{вод} = 81380 \text{ кг.}$$

Сила, що діє на опору ферментера:

$$Q = m \cdot g = 81380 \cdot 9,81 = 798330 \text{ Н.}$$

Приймаємо стандартну опору для обичайки D = 3,2м, опора 1-3200-1,6-0,8-2100 ОСТ 26-467-84

Допустиме навантаження опори, що була прийнята:

$$N_{доп} = 1,6 \text{ МН}$$

$$N < N_{доп}$$

$$798330 \text{ Н} < 1600000 \text{ Н}$$

Висновок: умова міцності виконується, приймаємо стандартну опору, основні розміри: h=0,75 м, b=0,42 м.

4.1.12 Розрахунок фланцевого з'єднання ферментера

Метою розрахунку є вибір та перевірочний розрахунок фланців.

Вихідні дані до розрахунку:

Умови експлуатації фланцевого з'єднання:

надлишковий тиск в ферментері p, МПа 0,177;

температура фланців t_ф, °C 22,5;

температура болтів t_б, °C 20,5;

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

геометричні параметри фланця:

внутрішній діаметр D, мм	3200;
зовнішній діаметр Dф, мм	3350;
діаметр болтового кола Dб, мм	3305;
товщина фланців hф1, мм	80;
hф2, мм	80;
товщина стінки втулки S0 = S1, мм	16;
висота втулки l, мм	50;

геометричні та фізичні параметри прокладки:

зовнішній діаметр Dп, мм	3254;
ширина прокладки b, мм	20;
товщина прокладки h, мм	3;
матеріал прокладки	пароніт;
мінімальний тиск q, МПа	20;
допустиме питоме навантаження на прокладку [q], МП	130;
модуль пружності під час розтягу Еп, МПа	2000;

фізико-механічні властивості матеріалу фланця сталь 12Х18Н10Т:

за робочої температури:

допустиме напруження , МПа	184;
модуль пружності під час розтягу , МПа	2,15·10 ⁵ ;

за стандартних умов:

допустиме напруження , МПа	184;
модуль пружності під час розтягу , МПа	2,15·10 ⁵ ;
коефіцієнт відносного лінійного розширення ,	16·10 ⁻⁶ .
кількість болтів зб	100;
зовнішній діаметр різьби болта dб, мм	24;

фізико-механічні властивості матеріалу болтів – сталь 35Х:

за робочої температури:

допустиме напруження , МПа	230;
модуль пружності під час розтягу , МПа	2·10 ⁵ ;

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

за стандартних умов:

допустиме напруження , МПа 230;

коефіцієнт відносного лінійного розширення , 13,2·10⁶;

додаток до розрахункових товщин С, м 0,001;

коефіцієнт міцності зварних швів φ 0,9;

коефіцієнт тертя f_l 0,1.

Схема конструкції фланцевого з'єднання показана на рисунку 4.11

Розрахунок фланцевого з'єднання згідно [26].

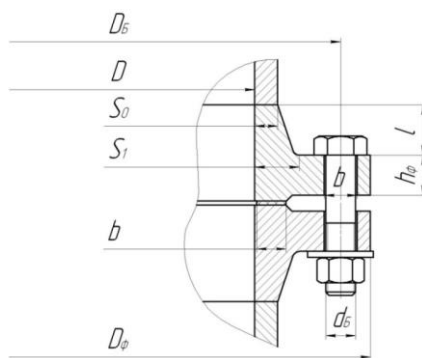


Рисунок 4.12 – Схема фланцевого з'єднання

Розрахунок допоміжних величин:

Середній діаметр прокладки, м:

$$D_{\text{ср}} = D_{\text{п}} - b. \quad (4.1)$$

Ефективна ширина прокладки:

при $b < 0,015$, м:

$$b_E = 0,5b \quad (4.2)$$

при $b > 0,015$, м:

$$b_E = 0,06\sqrt{b}. \quad (4.3)$$

Конструктивний коефіцієнт для фланця:

$$K_{\Phi} = \frac{D_{\Phi}}{D}. \quad (4.4)$$

Коефіцієнт зони впливу:

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$x = \frac{l}{\sqrt{DS_0}}. \quad (4.5)$$

Коефіцієнт приведення товщини втулки:

$$\chi = 1 + (\beta - 1) \frac{x}{x + (1 + \beta)/4}. \quad (4.6)$$

Еквівалентна товщина втулки, м:

$$S_E = \chi S_0. \quad (4.7)$$

Конструктивні коефіцієнти для фланців:

$$\lambda_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{\sqrt{DS_E}}, \quad (4.8)$$

$$\lambda_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{\sqrt{DS_E}}. \quad (4.9)$$

Поправковий коефіцієнт для фланців:

$$\psi_{1\phi} = 1,28 \lg K_{\phi}. \quad (4.10)$$

Поправковий коефіцієнт для фланців:

$$\psi_{2\phi} = \frac{K_{\phi} + 1}{K_{\phi} - 1}. \quad (4.11)$$

Геометричні параметри фланців:

$$j_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{S_E}, \quad (4.12)$$

$$j_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{S_E}. \quad (4.13)$$

Безрозмірний параметр фланців:

$$T_{\phi} = \frac{K_{\phi}(1 + 8,55 \lg K_{\phi}) - 1}{(1,05 + 1,945 K_{\phi}^2)(K_{\phi} - 1)}. \quad (4.14)$$

Безрозмірні параметри фланців:

$$\omega_{\phi 1} = [1 + 0,9 \lambda_{\phi 1} (1 + \psi_{1\phi} j_{\phi 1}^2)]^{-1}, \quad (4.15)$$

$$\omega_{\phi 2} = [1 + 0,9 \lambda_{\phi 2} (1 + \psi_{1\phi} j_{\phi 2}^2)]^{-1} \quad (4.16)$$

Кутова піддатливість фланців, $1/(\text{МН} \cdot \text{м})$:

$$y_{\phi 1} = \frac{\left[1 - \omega_{\phi 1} (1 + 0,9 \lambda_{\phi 1})\right] \psi_{1\phi}}{h_{\phi 1}^3 E_{\phi 1}}, \quad (4.17)$$

$$y_{\phi 2} = \frac{\left[1 - \omega_{\phi 2} (1 + 0,9 \lambda_{\phi 2})\right] \psi_{2\phi}}{h_{\phi 2}^3 E_{\phi 2}}. \quad (4.18)$$

Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання, м:

$$L_{\text{Б}} = h_{\phi 1} + h_{\phi 2} + h + 0,28d_{\text{Б}}. \quad (4.19)$$

Лінійна піддатливість прокладки

$$y_{\text{п}} = \frac{h}{\pi \cdot D_{\text{с.п.}} \cdot b \cdot E_n}. \quad (4.20)$$

Площа поперечного перерізу болта, м^2 :

$$f_{\text{Б}} = 0,785d_0^2. \quad (4.21)$$

Лінійна піддатливість болтів, $\text{м}/\text{МН}$:

$$y_{\text{Б}} = \frac{L_{\text{Б}}}{E_{\text{Б}} f_{\text{Б}} z_{\text{Б}}}. \quad (4.22)$$

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання:

$$A_{\phi} = \left[y_n + y_{\text{Б}} + 0,25(y_{\phi 1} + y_{\phi 2})(D_{\text{Б}} - D_{\text{сн}})^2 \right]^{-1}. \quad (4.23)$$

Параметри жорсткості фланця, $1/\text{МН}$:

$$B_{\phi 1} = y_{\phi 1}(D_{\text{Б}} - D - S_E), \quad (4.24)$$

$$B_{\phi 2} = y_{\phi 2}(D_{\text{Б}} - D - S_E). \quad (4.25)$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання:

$$\gamma = A_{\phi} y_{\text{Б}}. \quad (4.26)$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\alpha_{\phi} = A_{\phi} \left[y_{\text{Б}} + 0,25(B_{\phi 1} + B_{\phi 2})(D_{\text{Б}} - D_{\text{сн}}) \right]. \quad (4.27)$$

Розрахунок болтів фланцевого з'єднання

Рівнодійна внутрішнього тиску, МН:

$$Q_g = 0,785D_{\text{сн}}^2 p. \quad (4.28)$$

Реакція прокладок в робочих умовах, МН:

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$R_n = 2\pi D_{cn} b_E m p. \quad (4.29)$$

Зусилля, що виникає від дії температурної деформації фланцевого з'єднання.

Якщо $\gamma z_B f_B E_B (\alpha_\phi^t t_\phi - \alpha_B^t t_B) > 0$, то

$$Q_{t\phi} = \gamma z_B f_B E_B (\alpha_\phi^t t_\phi - \alpha_B^t t_B). \quad (4.30)$$

Якщо $\gamma z_B f_B E_B (\alpha_\phi^t t_\phi - \alpha_B^t t_B) < 0$, то $Q_{t\phi} = 0$.

Монтажні болтові навантаження фланцевого з'єднання за різних умов розрахунку, МН:

$$P'_{B1} = \pi D_{cn} b_E q, \quad (4.31)$$

$$P''_{B2} = \alpha_\phi (Q_g \pm P) + R_n + \frac{4M}{D_{cn}}. \quad (4.32)$$

де P - зовнішня стискаюча або розтягуюча сила, МН;

M - зовнішній згинаючий момент, МН.

$$P'''_{B3} = 0,4 [\sigma_B]^{20} z_B f_B. \quad (4.33)$$

Розрахункове болтове навантаження, МН:

$$P_{B1} = \max \{P'_{B1}; P''_{B1}\}. \quad (4.34)$$

Болтове навантаження за робочих умов, МН:

$$P_{B2} = P_{B1} + (1 - \alpha_\phi)(Q_g \pm P) + Q_{t\phi}. \quad (4.35)$$

Розрахункове навантаження на болти, МН:

$$P_{B\phi} = \max \{P_{B1}; P_{B2}\}. \quad (4.36)$$

Напруження розтягання в болтах, МПа:

$$\sigma_B^{20} = \frac{P_{B1}}{z_B f_B}. \quad (4.37)$$

Напруження розтягання в болтах за робочих умов, МПа:

$$\sigma_B^t = \frac{P_{B2}}{z_B f_B}. \quad (4.38)$$

Крутний момент, що виникає при затягуванні гайок, МН·м:

$$M_{скр} = f_1 \frac{P_{B\phi}}{z_B} d_B, \quad (4.39)$$

де f_1 - коефіцієнт тертя.

Дотичне напруження в болтах, МПа:

$$\tau_B = \frac{M_{\text{скр}}}{0,2d_0^3}. \quad (4.40)$$

Еквівалентне навантаження в болтах, МПа:

$$\sigma_{BE}^{20} = \sqrt{(\sigma_B^{20})^2 + 3\tau_B^2}, \quad (4.41)$$

$$\sigma'_{BE} = \sqrt{(\sigma'_B)^2 + 3\tau_B^2}. \quad (4.42)$$

Умови міцності болтів:

$$\sigma_{BE}^{20} \leq [\sigma_B]^{20}, \quad (4.43)$$

$$\sigma'_{BE} \leq [\sigma_B]^t. \quad (4.44)$$

Розрахунок фланців на міцність:

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця, МН·м:

$$M_{01\Phi} = 0,5P_{B1}(D_B - D_{\text{сп}}). \quad (4.45)$$

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця за робочих умов МН·м:

$$M_{02\Phi} = 0,5 \left[P_{B2}(D_B - D_{\text{сп}}) + Q_q(D_{\text{сп}} - D - S_E) \right] \frac{[\sigma_\Phi]^{20}}{[\sigma_\Phi]^t}. \quad (4.46)$$

Розрахунковий приведенний момент у діаметральному перерізі фланця, МН·м:

$$M_{0\Phi} = \max \{M_{01}; M_{0.2}\}. \quad (4.47)$$

Допоміжна величина:

$$\varepsilon = 20S_1. \quad (4.48)$$

Розрахунковий діаметр, м:

якщо $D > S_o$: $D^* = D$,

якщо $D < 20 \cdot S_o$, $D^* = D + S_o$.

Максимальні напруження в перерізах S_1 фланців від дії згинаючого моменту M_0 , МПа:

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{1\phi 1} = \frac{T_{\phi} M_{0\phi} \omega_{\phi 1}}{D(S_1 - C)^2}, \quad (4.49)$$

$$\sigma_{1\phi 2} = \frac{T_{\phi} M_{0\phi} \omega_{\phi 2}}{D(S_1 - C)^2}. \quad (4.50)$$

Напруження в перерізі S_0 фланців від дії згинаючого M_0 , МПа:

$$\sigma_{0\phi 1} = \psi_{3\phi} \sigma_{1\phi 1}, \quad (4.51)$$

$$\sigma_{0\phi 1} = \psi_{3\phi} \sigma_{1\phi 2}. \quad (4.52)$$

Кільцеве напруження в дисках фланців від дії згинаючого M_0 , МПа:

$$\sigma_{\kappa\phi 1} = \frac{M_{0\phi} [1 - \omega_{\phi 1} (1 + 0,9\lambda_{\phi 1})] \psi_{2\phi}}{Dh_{\phi 1}^2}, \quad (4.53)$$

$$\sigma_{\kappa\phi 2} = \frac{M_{0\phi} [1 - \omega_{\phi 2} (1 + 0,9\lambda_{\phi 2})] \psi_{2\phi}}{Dh_{\phi 2}^2}. \quad (4.54)$$

Еквівалентне напруження в перерізі S_1 фланців, МПа:

$$\sigma_{E\phi 1}^{S_1} = \sqrt{\sigma_{1\phi 1}^2 + \sigma_{\kappa\phi 1}^2 - \sigma_{1\phi 1} \sigma_{\kappa\phi 1}}, \quad (4.55)$$

$$\sigma_{E\phi 2}^{S_1} = \sqrt{\sigma_{1\phi 2}^2 + \sigma_{\kappa\phi 2}^2 - \sigma_{1\phi 2} \sigma_{\kappa\phi 2}}. \quad (4.56)$$

Кільцеві та меридіональні напруження у втулці фланців від дії внутрішнього тиску, МПа:

$$\sigma_{x\phi 1} = \sigma_{x\phi 2} = \frac{pD}{2 \cdot (S_0 - e)}, \quad (4.57)$$

$$\sigma_{y\phi 1} = \sigma_{y\phi 2} = \frac{pD}{4 \cdot (S_0 - e)}. \quad (4.58)$$

Еквівалентні напруження в перерізі S_0 втулки фланців, МПа:

$$\sigma_{E\phi 1}^{S_0} = \sqrt{(\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1})^2 + \sigma_{x\phi 1}^2 - (\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1}) \cdot \sigma_{x\phi 1}}, \quad (4.59)$$

$$\sigma_{E\phi 1}^{S_0} = \sqrt{(\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2})^2 + \sigma_{x\phi 2}^2 - (\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2}) \cdot \sigma_{x\phi 2}}. \quad (4.60)$$

Умови міцності фланців:

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$\begin{cases} \sigma_{\text{ЕФ1}}^{S_1} \leq \sigma_{\text{ТФ1}}^t \\ \sigma_{\text{ЕФ2}}^{S_1} \leq \sigma_{\text{ТФ2}}^t \\ \sigma_{\text{ЕФ1}}^{S_0} \leq [\sigma_{\text{Ф1}}^{S_0}]^t \varphi \\ \sigma_{\text{ЕФ2}}^{S_0} \leq [\sigma_{\text{Ф2}}^{S_0}]^t \varphi \end{cases} \quad (4.61)$$

Умови герметичності:

$$\begin{cases} \frac{\sigma_{\text{кф1}} D}{E_{\text{ф1}} h_{\text{ф1}}} \leq [\Theta] \\ \frac{\sigma_{\text{кф2}} D}{E_{\text{ф2}} h_{\text{ф2}}} \leq [\Theta] \end{cases} \quad (4.62)$$

В додатку Г знаходиться перевірочний розрахунок фланцевого з'єднання.

Висновок: Розрахунок ведеться за допомогою програми, на мові “QBasic”, приведеної в додатку. За результатами розрахунку умови міцності болтів, умови міцності фланців та умови герметичності виконуються, отже обране фланцеве відповідає вимогам експлуатації даного апарат.

4.1.13 Наукові дослідження

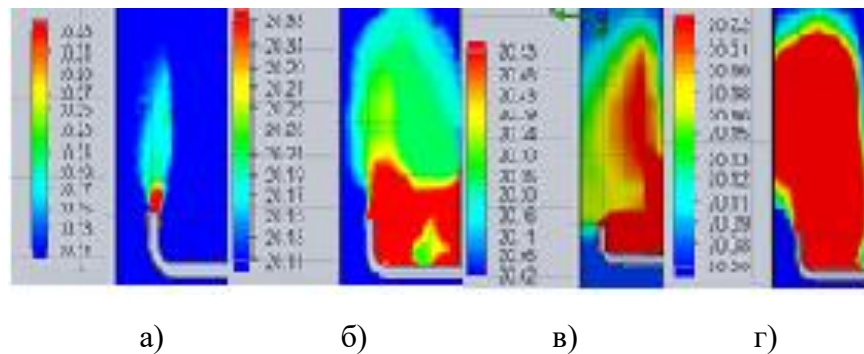
Метою дослідницької частини дисертації є покращення енергетично-економічних параметрів установки та визначення кількості та діаметру форсунок на мішалці для забезпечення необхідної продуктивності в ферментері.

Моделювання модернізації виконано в програмному середовищі SolidWorks.

Для попереднього моделювання, на поверхні мішалки було прийнято кількість форсунок – 1, діаметром 5 мм, за результатами питомий об'єм забезпечення кисневим живленням становить 1/9 (Рисунок 13а), після чого було проведено моделювання пристрою, запропонованого у патенті, на мішалці було встановлено по чергово форсунки, у кількості – 5, діаметром 5 мм, питомий об'єм забезпечення кисневим живленням становить 1/3 (Рисунок 13б), у випадку 10 форсунок становить 1/2 (Рисунок 13в), при 15 форсунках становить 1/10 (Рисунок 13г). Тобто при збільшенні форсунок на мішалці питомий об'єм

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

забезпечення кисневим живленням зростатиме, результати моделювання зображено на рисунку 3.



а – 1 форсунка; б - 5 форсунок; в – 10 форсунок; г – 15 форсунок.

Рисунок 4.13 - Моделювання форсунок на валу до модернізації

Результати моделювання наведено на графіку залежності питомого об'єму від кількості форсунок (Рис.5) та залежності гідравлічного опору від питомого об'єму (Рис.6), звідки можна зробити висновок, що при збільшенні форсунок збільшується питомий об'єм, що аерується та зменшується гідравлічний опір.

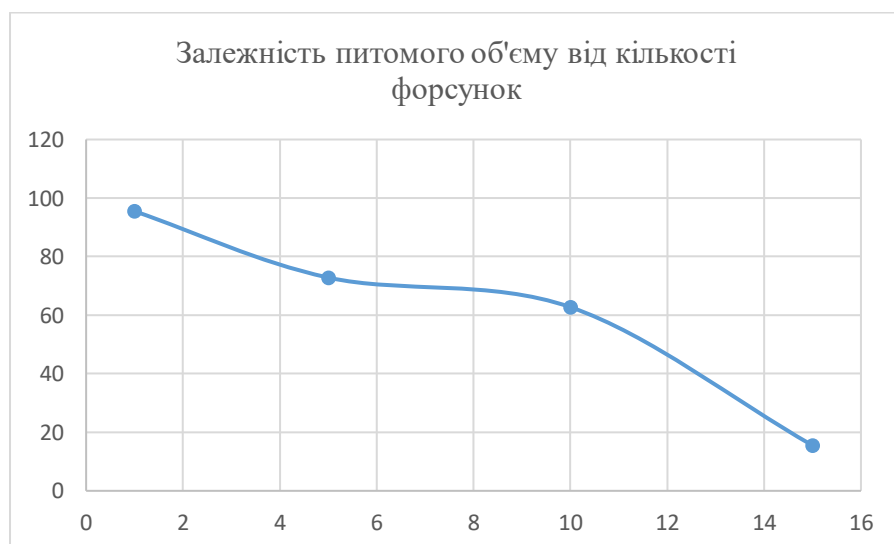


Рисунок 4.14 – Графік залежності питомої площі від кількості форсунок

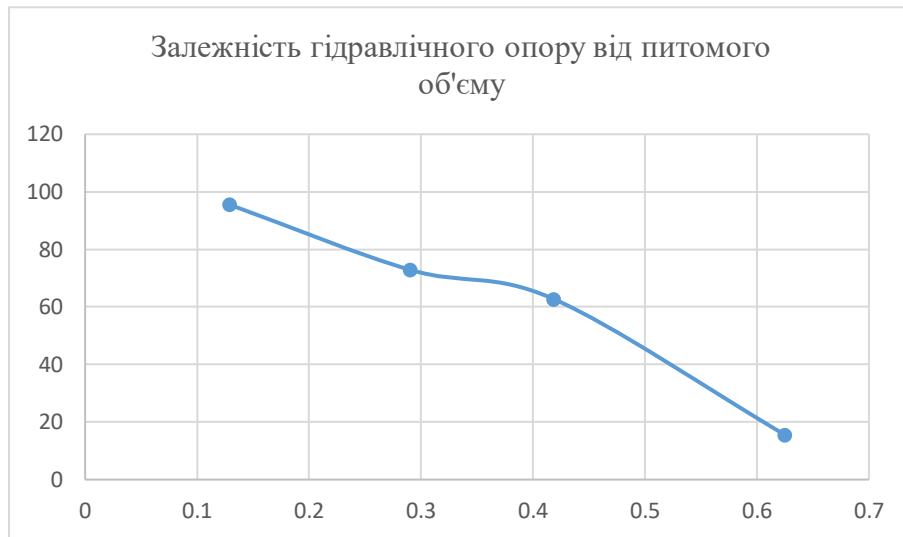


Рисунок 4.15 – Графік залежності гідравлічного опору від питомою площі

Висновок: Тобто запропонована модернізація забезпечить у 3 рази краще забезпечення кисневим живленням ферментера. Таке поєднання конструктивних елементів дозволяє покращити процес збагачення повітрям рідких сумішей, зробити його рівномірним із одночасним зменшенням втрат енергії на перемішування, адже використовується енергія потоку подачі повітря середовища через додаткові форсунки. Досягається подача необхідного газового середовища в зону перемішування, за рахунок чого підвищується рівномірність розподілу фракції, прискорюється збагачення зони перемішування киснем, а також позитивно сприяє на гідромеханічний процес перемішування фаз.

4.2 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність центрифуги

4.2.1. Параметричний розрахунок центрифуги

Метою розрахунку є визначення швидкості осадження для найменшої частинки, що ще підлягає центрифугуванню для найгірших умов, визначити продуктивність центрифуги за суспензією.

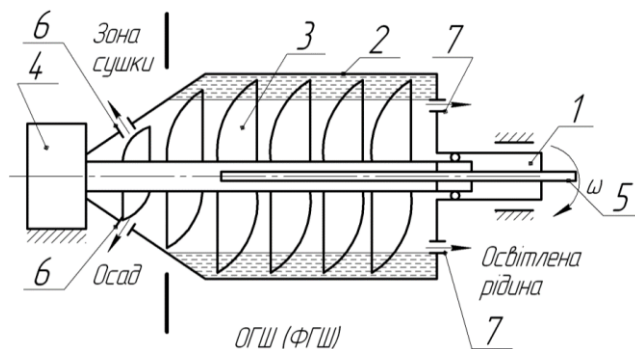
					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Вихідні дані:

продуктивність за суспензією G_1 , кг/с	0,2623;
початкова масова концентрація твердих частинок x_1 , %	27;
кінцева масова концентрація твердих частинок x_2 , %	94;
масовий вологовміст осаду y , %	10;
мінімальний розмір твердих частинок d_{min} , м	$2 \cdot 10^{-6}$;
густина твердої фази ρ , кг/м ³	1573;
густина рідкої фази ρ_p , кг/м ³	1000;
динамічна в'язкість рідини μ , Па·с	$1,1 \cdot 10^{-3}$;
діаметр ротора D , м	0,35;
довжина циліндричної частини ротора L , м	0,47;
частота обертання ротору, n с ⁻¹	2930;
радіус зливу R_1 , м	0,14;

Розрахунок проводимо за методикою, що наведена в [27].

Схема центрифуги наведена на рисунку 4.16



1 - вал центрифуги; 2 – ротор; 3 – шнек; 4 – редуктор; 5 - труба для подачі суспензії; 6 - вікна для вивантаження осаду; 7 - вікно для вивантаження фугату

Рисунок 4.16 – Схема центрифуги зі шнековим вивантаженням осаду

Густина суспензії:

$$\rho_c = \frac{\rho \cdot \rho_p}{\rho - (\rho - \rho_p) \cdot x_1} = \frac{1573 \cdot 1000}{1573 - (1573 - 1000) \cdot 0,27} = 1109 \text{ кг/м}^3.$$

Густина осаду:

$$\rho_c = \frac{\rho \cdot \rho_p}{\rho_p - (\rho - \rho_p) \cdot y} = \frac{1573 \cdot 1000}{1000 - (1573 - 1000) \cdot 0,1} = 1669 \text{ кг/м}^3.$$

Маса осаду в роторі:

$$m_{oc} = V_p \cdot \varphi \cdot \rho_{oc} = 0,044 \cdot 0,5 \cdot 1669 = 36,7 \text{ кг},$$

де $\varphi=0,5$

$$V_p = 0,785 \cdot (R + R_1)^2 \cdot L \cdot \varphi = 0,785 \cdot (0,35 + 0,14)^2 \cdot 0,5 \cdot 0,47 = 0,044 \text{ м}^3.$$

Маса суспензії:

$$m_c = m_{oc} \cdot \frac{1-y}{x_1} = 36,7 \cdot \frac{1-0,1}{0,27} = 122,3 \text{ кг}.$$

Час загрузки:

$$\tau_z = \frac{m_c \cdot 3600}{G_1 \cdot \rho_c} = \frac{122,3 \cdot 3600}{0,2623 \cdot 1669} = 1005 \text{ с}.$$

Маса фільтрату:

$$m_{жс} = m_c \cdot (1 - x_1) = 122,3 \cdot (1 - 0,27) = 89,27 \text{ кг}.$$

Внутрішній радіус барабана:

$$R = \frac{D}{2} = \frac{0,35}{2} = 0,175 \text{ м}.$$

Середній радіус барабана:

$$r_c = \frac{R + R_1}{2} = \frac{0,175 + 0,14}{2} = 0,1575 \text{ м}.$$

Кутова швидкість:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 2930}{30} = 306,83 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Критерій Фруда (фактор розділення):

$$Fr = \frac{\omega^2 \cdot r_c}{g} = \frac{306,83^2 \cdot 0,1575}{9,81} = 1511,5$$

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Рівняння для швидкості осадження:

$$\omega_{oc} = \omega \cdot \frac{D}{2} = 306,83 \cdot \frac{0,35}{2} = 53,7 \text{ м/с.}$$

Тиск фільтрування при центрифугуванні:

$$\Delta p = \frac{3,14 \cdot V_c \cdot R \cdot n^2}{F} = \frac{3,14 \cdot 0,9879 \cdot 0,175 \cdot 2930}{481,98} = 0,096 \text{ кг/м}^2,$$

де

$$F = D \cdot L \cdot n = 0,35 \cdot 0,47 \cdot 2930 = 481,98 \text{ м}^2$$

Потужність центрифуги в період пуску:

$$N = \frac{m_c \cdot \omega_{oc}}{2 \cdot \tau_3 \cdot 10^3} = \frac{64 \cdot 53,7}{2 \cdot 526 \cdot 10^3} = 175 \text{ Вт}$$

Висновок: за результатами проведеного розрахунку визначено потужність центрифуги в період пуску.

4.2.2 Розрахунок ротора центрифуги на міцність

Вихідні дані:

радіус ротора R , м	0,175;
довжина циліндричної частини ротора L , м	0,47;
частота обертання ротору, n с ⁻¹	2930;
радіус зливу R_1 , м	0,14;
допустиме напруження для матеріалу ротора $[\sigma]$, Па	$182 \cdot 10^6$;
густина матеріалу ротора ρ , кг/м ³	7850;
густина суспензії ρ_c , кг/м ³	1109;

Розрахунок ведемо за методикою, що викладена в [24].

На рисунку 4.17 наведена схема прикладання внутрішніх сил до циліндричної обичайки:

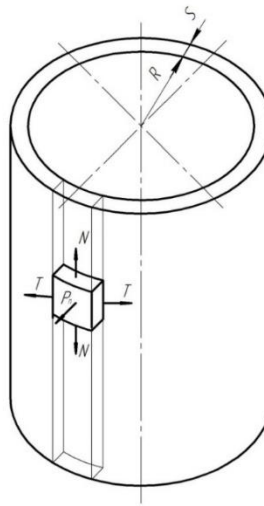


Рисунок 4.17 – Схема прикладання сил.

Розрахунок ведеться в безмоментній зоні.

Кутова швидкість:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 2930}{30} = 306,83 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Лінійна швидкість ротора:

$$w = \omega R = 306,83 \cdot 0,175 = 53,7 \text{ м/с}.$$

Умовний коефіцієнт заповнення ротора:

$$\phi = \frac{R^2 - R_1^2}{R^2} = \frac{0,175^2 - 0,14^2}{0,175^2} = 0,36$$

Критерій Ньютона:

$$Ne = \frac{[\sigma]}{w^2 \rho} = \frac{182 \cdot 10^6}{53,7^2 \cdot 7850} = 8,04.$$

Оскільки $Ne > 2,54$ – обичайка ротора тонкостінна.

Співвідношення густини суспензії до густини матеріалу ротора:

$$\lambda = \frac{\rho_c}{\rho} = \frac{1109}{7850} = 0,1413$$

Розрахункова товщина стінки циліндричної частини ротора:

$$s_R = \frac{\lambda \phi R \cdot w^2 \rho}{2([\sigma] \phi - w^2 \rho)} = \frac{0,1413 \cdot 0,36 \cdot 0,175 \cdot 53,7^2 \cdot 7850}{2(182 \cdot 10^6 \cdot 0,9 - 53,7^2 \cdot 7850)} = 4,07 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Приймаємо товщину стінки ротора $s = 14 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Допустима кутова швидкість $[\omega]$ суцільної обичайки з умови її міцності:

$$[\omega] = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{[\sigma] \phi}{\frac{\rho_c R \phi}{2(S-C)} + \rho}} = \frac{1}{0,175} \sqrt{\frac{182 \cdot 10^6 \cdot 0,9}{\frac{1109 \cdot 0,175 \cdot 0,36}{2(0,014 - 0,0013)} + 7850}} = 710 \text{ рад/с.}$$

Перевіряємо умову міцності:

$$\omega < [\omega]$$

$$306,83 < 710$$

Умова міцності виконується

Радіальне переміщення стінки:

$$\Delta = \frac{\rho_c \omega^2 R^4}{2E(S-C)} \phi \left(1 - \frac{\mu \cdot \phi}{4}\right) + \frac{\rho \omega^2 R^3}{E} = \frac{1109 \cdot 306,83^2 \cdot 0,175^4}{2 \cdot 10^{11} (0,014 - 0,0013)} \cdot \left(1 - \frac{0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,36}{4}\right) + \frac{7850 \cdot 306,83^2 \cdot 0,175^3}{2 \cdot 10^{11}} = 2,675 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

Висновок: за результатами розрахунків було визначено розрахункову товщину стінки ротора центрифуги, та перевірена умова міцності ротора, були знайдено радіальне зміщення стінки ротора під час роботи.

4.2.3 Розрахунок штуцерів

Мета розрахунку: підібрати штуцер для входу і виходу суспензії.

Розрахунок ведемо за методикою, що викладена в [23].

Розрахункова схема рисунок 4.18.

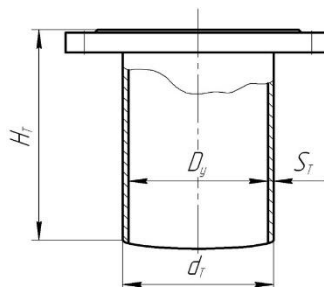


Рисунок 4.18 – Схема до розрахунку штуцерів

Початкові дані:

Масова витрата суспензії, G , кг/с

0,2923;

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Рекомендована швидкість, W , м/с

0,5;

Густина суспензії, ρ_c , кг/м³

1109.

Обчислюємо діаметр штуцерів для входу суспензії:

$$d_{\text{шт}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_c}{\rho_c \cdot \pi \cdot W_c}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2623}{1109 \cdot 3,14 \cdot 0,5}} = 0,025 \text{ м.}$$

Висновок

Приймаємо розміри стандартного штуцера $D_y = 25$ мм.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Створення здорових та безпечних умов праці обумовлюють необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того щоб на стадії проектування намітити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу, а саме оператора лінії [28].

Темою магістерської дисертації є : Установа виробництва кормових дріжджів з розробкою ферментера та центрифуги.

У магістерській дисертації розглядається лінія виробництва кормових дріжджів, де контроль параметрів технологічного процесу здійснює оператор лінії, що знаходиться в операторній площею $S = 34 \text{ м}^2$, а об'єм складає $V = 136 \text{ м}^3$.

Підвищення технічної оснащеності машинобудівних підприємств, застосування нових матеріалів, конструкцій і процесів, підвищення швидкостей і потужностей машин впливають на характер і частоту нещасливих випадків і захворювань на виробництві. Автоматизація виробництва зменшила затрати праці на одиницю продукції, однак з'явився ряд проблем, пов'язаних з підвищенням нервово-психічного навантаження на операторів, і т.п.

У відповідності до Закону України “Про охорону праці” виробничі будови, приміщення, обладнання та технологічні процеси повинні відповідати вимогам, що задовольняють безпечним умовам праці. Машини та механізми, що проектуються, повинні відповідати вимогам виробничої безпеки та санітарії. Жодний зразок нової машини не може бути переданий у серійне виробництво доки не буде відповідати вимогам охорони праці.

Охорона праці й навколишнього середовища включає в себе питання безпеки праці, усунення причин травматизму і попередження професійних захворювань, аварійних ситуацій на виробництві; питання правової охорони праці.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні лінії являються:

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

- виробничий шум і вібрації;
- повітря робочої зони;
- електробезпека;
- пожежна та вибухонебезпека, надзвичайні ситуації;
- промислове освітлення.

Шум та вібрації

Приміщення, в якому розміщена лінія - закритого типу. Основними джерелами шуму при роботі є вали, що обертаються, електродвигуни, вентилятори та інше устаткування в яких шум досягає 90 дБА [29].

Заходи по зниженню шуму механічного походження:

- покриттям та плити;
- звукоізоляція – дверного проїому приміщення, не нижче 30дБА, стіни і покриття цього приміщення забезпечені звукоізолюючим облицюванням з коефіцієнтом звукопоглинання не нижче 0,7 і мають звукоізолюючу здатність не нижче 50 дБА;
- необхідно слідкувати за рівнем мастила в підшипникових вузлах, що обертаються.

Сумарний час роботи в контакті з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни. Тривалість неперервної дії вібрації не перевищує 15 – 20 хвилин. При такому режимі обідня перерва не менше 40 хвилин.

Засоби індивідуального захисту: протишумові навушники ПШН-Б ГОСТ 12.4.051.87, протишумні вкладиші «Беруши СТ-1» ТУУ25513947.002-99.

Промислове освітлення

Правильно спроектоване та виконане освітлення на підприємствах машинобудівної промисловості забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності. [30].

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

В денний час виробниче приміщення освітлюється природним світлом.

Природне світло проникає через 12 бічні світлопрорізи, розміри яких 1.5×1.2 м, зорієнтовані на північ і забезпечує коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%.

Вікна приміщень з відеотерміналами мають регульовальні пристрої для відкривання, а також жалюзі, штори, зовнішні козирки.

Загальне освітлення виконане у вигляді суцільних ліній світильників, що розміщуються збоку від робочих місць паралельно лінії зору працівників.

Рівень освітленості на робочому столі в зоні розташування документів складає 250 лк. Для забезпечення нормативного рівня освітленості 300лк застосовуються світлодіодні лампи $w=120$ Вт, $\phi=120$ мм, що відповідає вимогам ДБНВ2.5.28-2006.

Для загального освітлення застосовуються світильники із розсіювачами та дзеркальними екранними сітками, укомплектовані високочастотними пускорегульовальними апаратами (ВЧ ПРА).

Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50° до 90° відносно вертикалі в подовжній і поперечній площинах складає не більше 200 кд/м^2 , а захисний кут світильників не більший за 40° .

Повітря робочої зони

Робота операторів на установці відноситься до важкої фізичної роботи через те, що установка розташована в умовах шуму, робота проводиться в 3 зміни, цілодобово, у будь-який час року. Енерговитрати за таких умов праці складають більш 175 Дж/с. В результаті чого передбачено можливість відпочинку персоналу в закритому приміщенні.

Вентиляційна система має забезпечити евакуацію аерозолі кислоти з приміщення і доведення якості повітря до встановлених норм.

Для індивідуального захисту працівників від аерозолі застосовують респіратори, протигази, захисні костюми.

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед запуском технологічних апаратів проводиться промивка і продувка всіх комунікацій і устаткування, перевірити їх герметичність.

Всі насоси, завантажувальні пристрої та інші механізми і машини перевіряють без навантаження і під навантаженням на інертних середовищах.

Приміщення обладнанні стендами з зазначеними правилами техніки безпеки, правилами з експлуатації установки, стендами з планом евакуаційних виходів.

Перед початком робіт працівники повинні проходити інструктаж з техніки безпеки.

Параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні для даної категорії робіт наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні.

Сезон року	Категорія робіт – 1Б		
	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
	Фактична	Фактична	Фактична
холодний	19–20	40–65	0,2
теплий	20– 25	40–70	0,2

Забезпечення параметрів здійснюється в зимовий час за допомогою водяного опалення з температурою теплоносія 70–90 °С, а в теплий час року – приточно - витяжною вентиляцією згідно таблиці 3.3 відповідають ДСН 3.3.6.042–99.

Для відводу дріжджів над ферментером встановлюємо витяжний зонт (зображено на рисунку 5.1).

Для нього характерно те, що між джерелом і приймачем є захищений від навколишнього середовища простір.

Параметри витяжного зонта:

повна висота зонта: $h_3 = 2$ м;

площа перерізу зонта: $F = 12,25 \text{ м}^2$;

середня швидкість в перерізі зонта: $V_0 = 1,5 \text{ м/с}$;

об'єм повітря, що видаляється витяжною трубою від зонтів:
 $J_3 = 4596 \text{ м}^3/\text{год}$.

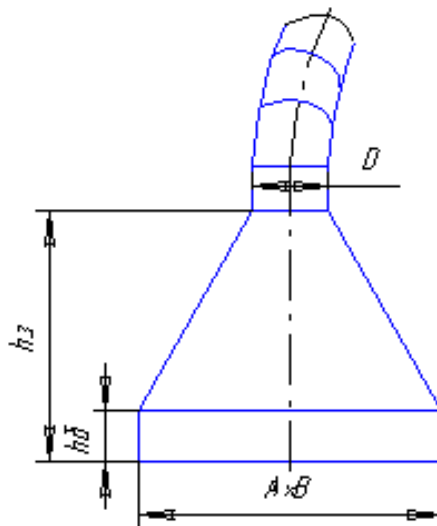


Рисунок 5.1 – Схема зонта

Встановлено осьовий вентилятор МЦ-6, продуктивність якого становить $J_v = 7400 \text{ м}^3/\text{год}$, з двигуном потужність 4,5 кВт.

Ефективна робота зонта забезпечуються такими умовами:

- об'єм підтікаючої течії повітря менше об'єму відсмоктуваного повітря;
- розміри входного отвору зонта більше розмірів джерела;
- вертикальний шлях між кромкою зонта і верхньою кромкою накритого осередку виділення шкідливих речовин мінімальний.

На випадок потрапляння у повітря газового середовища, а також при виконанні рятувальних і технічних робіт на об'єктах хімічних підприємств працівники забезпечені повітряним апаратом типу МПА-4х30.

Електробезпека

Приміщення операторної згідно ПУЕ-83 відноситься до приміщень із підвищеною небезпекою, тому що можливий одночасний дотик людини до

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

з'єднаного під землею технологічними апаратами і металевими корпусами електроустаткування.

На пульті управління машиніста напруга $U = 220/380$ В, частота $f = 50$ Гц. Тип електромережі - з ізольованою нейтралю.

Основні причини нещасного випадку від впливу електричного струму наступні:

- випадковий дотик або наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, що перебувають під напругою;
- поява напруги на конструктивних металевих частинах електроустаткування - корпусах, кожухах - у результаті ушкодження ізоляції й інших причин;
- виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання дроту на землю.

Для забезпечення безпечної роботи з електроустаткуванням кабелі й дроти вкладені в труби й заховані під підлогу, рубильники включення закриті в спеціальні шафи, при роботі з електроінструментами застосовуються індивідуальні засоби захисту.

У зв'язку з вищевикладеним пропонується дотримуватися наступних правил техніки безпеки й проводити наступний комплекс заходів щодо забезпечення електробезпечності на проєктованій ділянці:

- Для запобігання небезпеки ураження електричним струмом, устаткування має надійний металевий зв'язок корпусів електродвигунів, щитів і постів електроапаратури і сталевих труб електропроводки із заземлювальним контуром.

Безпека при контурному заземлювачі забезпечується вирівнюванням потенціалу на території, що захищається, шляхом відповідного розміщення одиночних заземлювачів. У результаті цього зменшується значення напруги дотику і крокова напруга.

- При експлуатації електроустаткування дотримуватися наступних правил безпечної роботи:

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

- інструктаж і навчання безпечним методам праці;
- установлення плакатів і знаків безпеки;
- рубильники включення замкнені в спеціальних шафах;
- при роботі з електроінструментом ($U \leq 42\text{В}$), застосовують індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і калоші, гумові килимки.

- забороняється доторкатися до електропроводів, робити ремонт електроустаткування, знімати й установлювати електролампи, запобіжники й інші деталі електроустаткування особам, які не мають права допуску;

- входити в розподільну щитову, відкривати електрозбірки, входити в місця, де висять таблички «Вхід заборонений», «Небезпечно для життя» й інші попереджувальні написи. Вхід дозволяється строго певному колу людей з дотриманням правил про допуск;

- для переносного освітлення лампи напругою не більше 12 В;

- перед проведенням ремонтних робіт на встаткуванні лінії електродвигуни повинні бути зупинені, знеструмлені й від'єднанні від приводів, на пускових кнопках повинні бути вивішені плакати «Не включати, працюють люди». Відключення електроенергії проводиться електриком;

- відповідальний електрик за електрогосподарство лінії систематично перевіряє відповідність заземлення устаткування правилам технічної експлуатації, особливо після його ремонту.

- Біля затисків заземлення нанесені незмивні червоні знаки “Земля” .

- Електрична міцність ізоляції перевіряється на випробувальну напругу 200 В частотою 50 Гц протягом 1 хвилини.

- Опір ізоляції має бути не менше 0,5 МОм.

- Електрична апаратура, яка встановлена всередині приміщень, має ступінь захисту IP–54.

- Ізоляція провідників вимірюється мегаомметром 11044 ТУ2504798–18.

- Напруга вимірюється вольтметром 351512 ТУ 25–04–1970–80.

- Ступінь захисту електричної апаратури всередині приміщень контролюється.

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Аварійний режим захисного заземлення

Відповідно до правил встановлення електроустаткування напругою до 1000В допустиме напруження дотику 40В з струмом замикання на “землю” 10А, тобто опір пристрою, що заземлює, не повинне перевищувати 3,6 Ом.

Струм, що проходить через людину, що доторкнулася до корпусу ушкодженого устаткування (без заземлення):

$$I_{\text{люд}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{люд}} + \frac{r}{3}} = \frac{380}{5000 + \frac{20000}{3}} = 0,0325 \text{ А} = 33 \text{ мА}$$

де $R_{\text{л}}$ – опір тіла людини, який при розрахунках приймається рівним 5000 Ом; $U_{\text{ф}}$ – фазна напруга, В; r – опір стікання, Ом.

Такий струм небезпечний для життя людини.

Схема заземлення представлена на рисунку 5.2

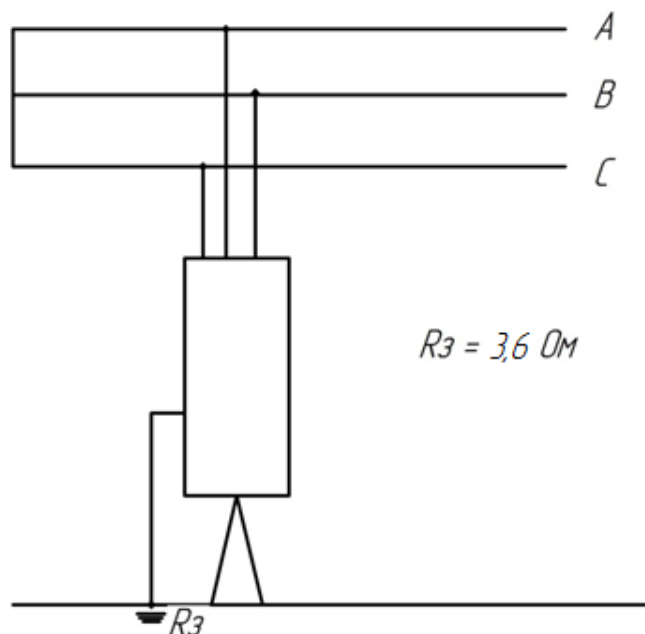


Рисунок 5.2 – Схема заземлення

Контурне заземлення складається з вертикальних і горизонтальних електродів. Як вертикальний електрод використовується сталевий кутник розміром 50х50 мм довжиною 4 м (рисунок 5.3). Для зв'язку вертикальних електродів і в якості самостійного горизонтального електрода використовується смуга сталь перетином 5х15 мм, довжина смуги дорівнює 36 м (рисунок 5.4).

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Для визначення опору одного стрижня, що заземлює, розраховуємо еквівалентний діаметр куточка за формулою:

$$d_e = 0,95 \cdot b = 0,95 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 0,0475 \text{ м},$$

де b – розмір полиць сталевго куточка, приймаємо $b=0,05$ м.

Для установки вертикальних заземлювачів попередньо необхідно вирити траншею глибиною 0,7 – 0,8 м, після чого за допомогою механізмів забивають куточки.

Зробимо розрахунок відстані від поверхні землі до середини вертикального електрода, що заземлює, за формулою:

$$t = \frac{l}{2} + t_0 = \frac{5}{2} + 0,9 = 3,4 \text{ м},$$

де l – довжина сталевго кутника, що використовується як вертикальний електрод, м.; приймаємо $l=4$ м [23]; t_0 – глибина не промерзання ґрунту, приймаємо $t_0 = 0,9$ м.

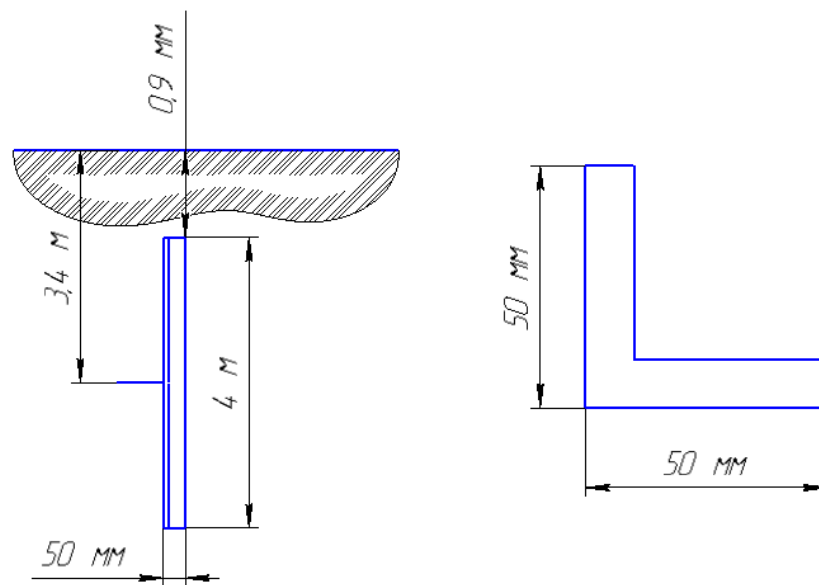


Рисунок 5.3 – Схема розміщення сталевго кутика

Розрахуємо опір одного електрода R Ом, що заземлює:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2,1 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2t + l}{4,2t - l} \right) =$$

$$= \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 4} \left(\ln \frac{2,1 \cdot 4}{0,048} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2 \cdot 3,4 + 4}{4,2 \cdot 3,4 - 4} \right) = 21,49 \text{ Ом},$$

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

де ρ – питомий опір ґрунту, приймаємо $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

За умовами безпеки, заземлення повинне мати відносно малий опір. Тому необхідно застосувати груповий заземлювач, тобто заземлювач, що складається з декількох паралельно включених одиночних заземлювачів (електродів).

Визначимо необхідну кількість заземлювачів за формулою:

$$n = \frac{R \cdot K_c}{R_{3y} \cdot \eta_i} = \frac{21,49 \cdot 1,75}{3,6 \cdot 0,85} = 12,29 \approx 13 \text{ шт.},$$

де K_c – коефіцієнт сезонності, приймаємо $K_c = 1,75$; R_{3y} – необхідний опір пристрою, що заземлює, з таблиці приймаємо $R_{3y} = 3,6 \text{ Ом}$; η_i – коефіцієнт використання заземлювачів, з таблиці приймаємо $\eta_i = 0,85$.

Для визначення опору сполучної стрічки розрахуємо її еквівалентний діаметр за формулою:

$$d_{дэ} = 0,5 \cdot b_c = 0,5 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,0075 \text{ м},$$

де b_c – розмір смуги, м.; приймаємо $b_c = 15 \text{ мм}$.

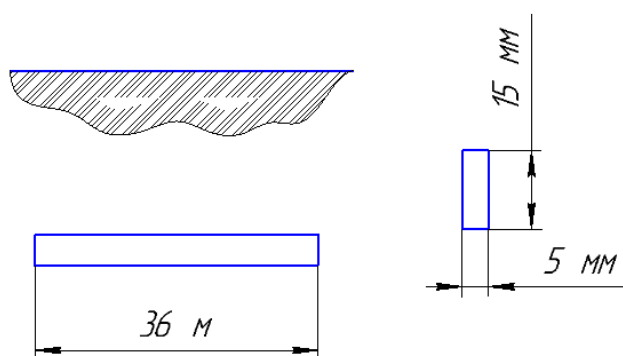


Рисунок 5.4 – Схема розміщення смугової сталі

Визначимо опір смугової стрічки за формулою:

$$R_{л} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \ln \frac{l^2}{d_{дэ} \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 36} \ln \frac{36^2}{0,0075 \cdot 0,9} = 5,38 \text{ Ом}$$

Визначимо загальний опір розтікання струму по всьому пристрої, що заземлює, за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\eta_i \cdot \frac{n}{R} + \frac{\eta_{мул}}{R_{л}}} = \frac{1}{0,85 \cdot \frac{13}{21,49} + \frac{0,72}{5,38}} = 1,54 \text{ Ом},$$

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

де $\eta_{\text{мул}}$ – коефіцієнт використання сполучної стрічки, з таблиці приймаємо $\eta_{\text{мул}} = 0,72$.

Робота обладнання лінії не утворює специфічних електромагнітних полів.

Пожежна безпека

Експлуатація установки виробництва дріжджів пов'язана з наявністю такого небезпечного фактору, як наявність вибухонебезпечних ємностей зі стиснутим повітрям.

Виходячи з категорії пожежної небезпеки виробництва по СНиП 2.01.02-85 вибираємо II степінь вогнестійкості будівель для ділянки робіт що проектується. Найбільш допустима кількість поверхів будівель – 5, найбільш допустима площа поверху між протипожежними стінами будівель для одноповерхових – не обмежується, двох поверхових – 2500 м³, трьох поверхових і більше – 3500 м³.

На основі вибраної ступені вогнестійкості будівель визначаємо найменшу допустиму границю вогнестійкості основних будівельних конструкцій. Приміщення призначення для обслуговування працюючих в одноповерхових і двох поверхових виробничих будівлях слід розміщувати не вище ніж на 4 поверсі.

Границя вогнестійкості приміщень – 0,75 год. Допускається передбачати лише двері з границею вогнестійкості 0,5 год. загорожуючі конструкції допоміжних приміщень, які розміщуються безпосередньо в виробничих будівлях, в тому числі на антресолях, повинні бути з границею вогнестійкості не менше 0,25 год. (СНиП 2.09.02-85). Група займистості – незгоряємі (СНиП 2.01.02-85).

Для боротьби з пожежами застосовують наступні методи:

- Ізольовують осередок горіння від повітря або подають до нього інертні гази в такій кількості, щоб відносний склад кисню виявився недостатнім для процесу горіння;

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

- Охолоджують осередок горіння до температури нижчої точок загорання матеріалів, які знаходяться в небезпечній зоні;
- Уповільнюють швидкість хімічної реакції в полум'ї;
- Механічно зривають полум'я впливаючи на нього сильними потоками газу, води, порошку;
- Створюють умови, при яких полум'я може розповсюджуватись тільки через вузькі канали, зменшується сила полум'я і площа осередку пожежі.

В залежності від категорії пожежної небезпеки виробництва і ступені вогнестійкості будівель, визначаємо максимальну допустиму відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу.

В одноповерхових будівлях – 100 м, в двох, трьох і більше – 75 м. З коридору повинно бути, як правило не менше 2-ох евакуаційних виходів.

Враховуючи об'єми приміщень, категорію пожежної небезпеки виробництва і ступінь вогнестійкості будівлі, визначаємо необхідну ширину евакуаційних виходів. Для проходів - не менше 1 м, коридорів - 1,4 м, двері - 0,8 м і марші – 1,05 м, площадка сходів – 1,05 м. Висота дверей і проходів на шляхах евакуації повинна бути не менше 2 м. Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися по напрямленню виходу з будівлі (СНиП 2.09.02-85).

Для даної ділянки робіт вибираємо тип і кількість первинних засобів пожежогасіння. На 500-650 м² необхідно : хімічні, порошковий – 10 шт.

Порошкові вогнегасники призначені для тушіння запалень різних матеріалів установок під напругою до 1000 В, заражають складами МГС і ПХ для тушіння металів, складами ПСБ-3.

Вуглекислотні вогнегасники призначені для тушіння запалень різних матеріалів і установок до 1000 В.

Для гасіння пожеж на об'єктах, які представляють собою значну матеріальну цінність (операторні) застосовують газові установки – батареї з ручним пуском 2БР-2МА; батареї автоматичні електричні з автоматичним пуском БАЕ (гасячий агент хладон). У відповідності з вище приведеними даними вибираємо необхідний ПУЕ тип виконання електрообладнання для приміщень

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

класів 2, що містить вибухонебезпечні концентрації сумішей газів і парів з повітрям ПА, ПВ, ПС категорій, температурного класу Т4 у відповідності з ГОСТ12.1.011-78.

Для запобігання вибуху передбачено герметизацію обладнання, в процесі конструювання апарата виключено фактори, що сприяють розвитку корозії, такі як місцеві перегріви в окремих ділянках апарата та застійні зони, в яких накопичується рідина.

Посудини з надзвичайно небезпечними речовинами до початку виконання всередині них будь-яких робіт, а також перед внутрішнім оглядом підлягають ретельній обробці(нейтралізації, дегазації) відповідно до інструкції з безпечного ведення робіт, що затверджена головним інженером підприємства. Під час роботи всередині посудини (внутрішній огляд, ремонт, чистка і т. п.) застосовуються безпечні світильники з напругою не більше 12 В, а при вибухонебезпечних середовищах – у вибухонебезпечному виконанні.

Адміністрація підприємства зобов'язана забезпечити безпеку обслуговування, робочий стан і надійність роботи посудин під тиском. Головний інженер розробляє і затверджує інструкцію з режиму роботи посудин та їх безпечного обслуговування.

Надзвичайна ситуація може виникнути при використанні та зберіганні легкозаймистих речовин поблизу лінії виробництва. В цеху знаходяться 6 балонів зі стисненим повітрям на випадок поломки нагнітаючого вентилятора. Балони призначені для зберігання газів і є небезпечними незалежно від того чи газ є горючим чи ні. Ймовірними причинами вибуху балона можуть стати: падіння балону, неправильне заправлення чи перенесення, контакт газу з маслом, накопичення іржі (виявляють промиванням дихлоретаном). При випуску газу залишають $P=0,5$ МПа для того аби можна було взяти пробу для аналізу газу.

План евакуації зображено на рисунку 5.5.

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

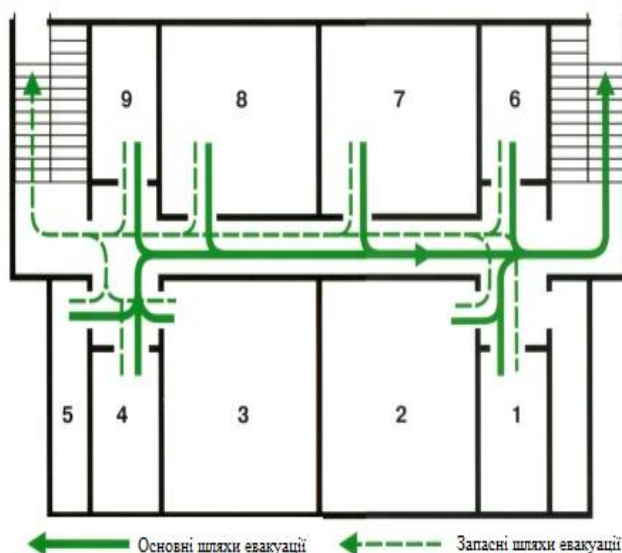


Рисунок 5.5 – План евакуації

Балон розрахований так, щоб напруження в стінках при гідравлічних випробуваннях не уло більшим за 90% границі плинності для даної марки сталі. Балони об'ємом 80 л з робочим тиском 14,7 МПа. Зверху сферичної частини кожного балону нанесено клеймом наступні дані: товарний знак заводу-виробника, номер балона, дата виробництва та випробування, вид термообробки, робочий тиск, тиск для випробування, об'єм балону, маса балону, клеймо ОТК. Міцність балонів перевіряють гідравлічним випробуванням з тиском, що в 1,5 рази більший за робочий. Балони зберігаються у вертикальному положенні в спеціально обладнаних гніздах, клітках чи огорожені бар'єром. Балони розташовані на відстані не менше 1 м від радіаторів, а від джерел відкритого вогню на відстані не менше 5 м. Матеріал корпусу вентиль – латунь. Напрям різьби на боковому штуцері – правий. Балони з киснем повинні бути пофарбовані в голубий колір. Текст на балоні чорним киснем: "Кисень". Поперечна полоса на балоні відсутня.

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації

Монтаж устаткування повинен проводитися відповідно до вимог технічної документації й дійсної інструкції [31].

Установку апаратів у строго вертикальному положенні варто здійснювати за допомогою рівня встановлюваного на контрольну площадку. При установці апаратів їх піддають вивірці по осях.

Перевірка апаратів здійснюється:

- по осях за допомогою натягнутої струни й висків по монтажних мітках (ризикам);
- вертикальність установки на фундаменті - при допомозі рівня, встановлюваного на контрольній площадці;
- вертикальність вала - по виску або рамному рівні (для ферментера).

При проведенні робіт усередині апаратів варто користуватися гумовим взуттям або взуттям на повстяній підошві, або підстилати на поверхню гумові коврики. Інструменти й пристосування при цьому повинні перебувати в м'яких чохлах, закріплених на поясному ремені, щоб уникнути падіння їх на дно апарату.

Корпус устаткування треба надійно заземлити. Підключати електроустаткування до електросилової лінії, встановлювати пускові апаратури й монтувати електропроводку необхідно відповідно до правил пристрою електроустановок.

Ферментер встановити на дві металеві опори з кутом обхвату 120 градусів. Прилягання апарату у місцях опор повинне бути повним, а зазори рекомендується заповнювати повстяними або іншими пружними прокладками. Допускається робити підливу цементним розчином. Ширина опор і відстань між осями опор приймається відповідно до розмірів, зазначеним на кресленні.

Після установки на фундаменті рекомендується наступний порядок зборки й перевірки технічного стану апарата:

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

- установити корпус із кришкою й закріпленою мішалкою на підготовлене місце й ретельно вивірити вертикальність його положення;
- відкрити кришку люка, зняти болти, бруски й ін. деталі, якими закріплювався пристрій, що перемішує, і видалити їх з апарата;
- установити привод;
- шляхом повороту пристрою, що перемішує, (2-3 рази) переконатися в правильності зборки, плавності ходу, а так само відсутності заїдань вала мішалки в місцях ущільнень; зняти сухарі фіксуючого пристрою вала мішалки;
- перевірити радіальне биття вала;
- приєднати трубопроводи.

Після зборки апарат випробувати на міцність та герметичність. Працювати лише при справному обладнанні. Ремонт та огляд з стерилізацією проводити згідно з розробленим графіком в установлені строки.

Рекомендації, щодо монтажу та експлуатації центрифуги

З механічної точки зору центрифуги зі шнековим вивантаженням осаду є цілком надійними машинами, але для забезпечення їхньої нормальної роботи необхідно як при виготовленні, так і при експлуатації дотримувати деякі умови. [32]

У центрифугах цього типу внаслідок деякої різниці у швидкостях обертання шнека і ротора динамічна неврівноваженість останніх періодично складається, унаслідок чого вібрація центрифуги виникає під дією сумарної неврівноваженості ротора і шнека.

При спостереженні за роботою центрифуг (у тому числі і добре збалансованих) завжди легко можна визначити на слух відносне число оборотів шнека по наростанню і загасанню вібрацій центрифуги.

Через наявність великих обертових мас, неврівноваженість яких періодично складається, необхідно при виготовленні шнекових центрифуг забезпечувати висока якість балансування.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Однак навіть добре збалансовані центрифуги можуть попадати в режим неприпустимої вібрації.

Найбільш частою причиною виникнення вібрації добре збалансованих центрифуг є незадовільний стан фундаменту.

Для запобігання можливості появи надмірних вібрацій фундамент під центрифугу повинний виготовлятися досить масивним і міцним. Розмір фундаменту залежить від ваги та габаритів центрифуги. Найкраще центрифуги цього типу спирати на бетонні стовпи, розташовані на першому поверсі будинку. Підстави стовпів повинні знаходитися нижче поверхні землі і спиратися на ґрунт.

Незважаючи на те, що умови зведення фундаменту на першому поверсі є більш легшими й у зв'язку з цим переважно встановлювати центрифугу саме на першому поверсі, усе-таки по технологічних розуміннях центрифуги іноді розміщують на верхніх поверхах будинків. В останньому випадку важливо щоб на верхніх поверхах підлога і балки були досить міцними для сприйняття ваги установки, причому мінімальна вага, на який вони повинні бути розраховані, відповідає приблизно вчетверо ваги всього устаткування установки.

Центрифуга звичайно ставиться на бетонну подушку товщиною не менш 150 мм, розташовану на перекритті. Іноді балки перекриття, на якому встановлюється центрифуга, облицьовуються бетоном, що поглинає вібрацію.

Часто в добре збалансованої і встановленої на міцному фундаменті центрифуги через деякий проміжок часу поступово з'являється дисбаланс, що може виникнути внаслідок ряду причин, з яких найбільше часто зустрічається скупчення осаду в непрацюючих живильних відділеннях шнека (у цьому випадку потрібна промивання осаду) і великий зазор між цапфами шнека і втулками, на які спирається шнек. Зазор може з'явитися як у новій центрифугі, так і такої, що пропрацювала тривалий період часу. У першому випадку причиною появи зазору є погіршість чи виготовлення неправильна посадка. Другий випадок, тобто поява великого зазору в процесі експлуатації, зустрічається значно частіше і виникає внаслідок поступового зносу втулки підшипника шнека. Після заміни втулки, центрифуга починає працювати спокійно і без вібрацій.

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

Для того щоб максимально продовжити термін служби центрифуги, необхідно піддавати її періодичному огляду і не рідше двох раз на рік розбирати для ретельної перевірки окремих вузлів. При обробці деяких продуктів, не значні перевантаження центрифуги й інтенсивного зносу поверхонь, що стикаються з осадам, період між повними розбираннями центрифуги для огляду може бути подовжений до року, тоді як для інших продуктів, може знадобитися демонтаж кожні два чи три місяці. Особливу увагу при огляді варто приділяти редуктору, підшипникам і виткам шнека.

Однією з істотних проблем при експлуатації центрифуг даного типу є налипання осаду, що вивантажується, на циліндричній частині кришки, на торцевих стінках і перегородках кожуха, а також на стінках бункера.

Особливо продукт, що інтенсивно вивантажується, звичайно налипає на кришці кожуха центрифуги.

Одним зі способів видалення завислого продукту з відсіку кожуха є промивання струменем рідини. Якщо по будь-яким причинам промивання неприпустиме, для тієї ж цілі може бути використане стиснене повітря чи компресорно-вібраційний пристрій.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

7 Рівень стандартизації та уніфікації

При конструюванні будь-якого устаткування доцільно максимально використовувати стандартні, нормалізовані й уніфіковані конструктивні елементи, деталі і вузли [33].

Наявність достатньо високого рівня стандартизації й уніфікації вузлів і деталей апарата значно знижує вартість його виготовлення, зменшує витрати на ремонт, експлуатацію і перехід при необхідності на нові режими роботи.

Загальна кількість деталей $N = 564$, з них стандартних $n_c = 292$, уніфікованих - $n_3 = 56$.

Коефіцієнт стандартизації ферментера:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{292}{564} = 0,52.$$

Коефіцієнт уніфікації ферментера:

$$K_y = \frac{n_c + n_3}{N} = \frac{292 + 56}{564} = 0,62.$$

Кількість деталей і вузлів підраховуємо згідно зі специфікацією. Загальна кількість деталей $N = 464$, з них стандартних $N_{ст} = 292$, уніфікованих $N_y = 20$.

Коефіцієнт стандартизації центрифуги:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{112}{147} = 0,76.$$

Коефіцієнт уніфікації центрифуги:

$$K_y = \frac{n_c + n_3}{N} = \frac{112 + 12}{147} = 0,84.$$

Апарати містять наступні стандартні кріпильні деталі: болти за ГОСТ 7798-70; гайки за ГОСТ 5915-70; шайби за ГОСТ 11371-68, ГОСТ 10906-66 та інші. Уніфіковані деталі: прокладки, заглушки та інші.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

8 Стартуп-проект

8.1 Опис ідеї проекту «Mingle»

Бізнес-ідея: модернізація ферментера, для вирощування дріжджів. Вал перемішувального пристрою апарата виконаний порожнистим із перфорацією у верхній частині, за межами корпусу, а система барботування виконана у вигляді додаткових форсунок, розташованих у верхній частині лопатей.

Ферментер належить до апаратів з перемішувальним пристроєм і може використовуватись в біотехнічних виробництвах і харчовій промисловості.

Узагальнений опис ідеї пропонуваного стартап-проекту надано у вигляді таблиці (табл. 8.1), що дає цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів [34].

Таблиця 8.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Ідея проекту надання інженерних аутсорсингових послуг з модернізації ферментерів	1. Інженерні послуги в біохімічній, фармацевтичній та харчовій галузях	Користувач отримує модернізацію або розробку обладнання, яке має менші показники енерговитрат та високої якості.
	2. Дослідження та аналіз в біохімічній, фармацевтичній та харчовій галузях	Користувач може перевіряти роботу обладнання до виготовлення різних видів продуктів
	3. Фінансова звітність в біохімічній, фармацевтичній та харчовій галузі	Користувач може контролювати фінансову звітність по своєму проекту.

Мета стартапу: обґрунтування доцільності створення та розробка стратегії модернізації ферментера «Mingle».

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначено перелік характеристик ідеї та техніко-економічних властивостей;
- визначено попереднє коло конкурентів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів;
- проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (таблиця 8.2).

Таблиця 8.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Energy Saving Solutions	ПРОМ БИФИ Т	Bionet			
Інженерні послуги	має	має	має	має	-	-	має більший спектр послуг
Дослідження та аналіз	має	немає	немає	має	-		Клієнт може сам впевнитись в роботі обладнання

Характеристики інженерні послуги та дослідження нашого проекту є сильною стороною, адже наш проект включає в себе сукупність всіх послуг, що надають інші. Клієнт може сам впевнитись у роботі свого обладнання, він може комплексно перевіряти його. Нейтральною стороною є фінансова звітність, тому що є ще фірми які можуть контролювати фінансову звітність по своєму проекту.

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проведено аудит способу, за допомогою якого можна реалізувати ідею проекту та наведено його у таблиці 8.3.

Таблиця 8. 3 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Надання інженерних аутсорсингових послуг з модернізації ферментерів.	Створення веб сайту та оренда офісу з комп'ютерною технікою для роботи персоналу. Придбання програмного забезпечення для роботи. Наймання освічених фахівців.	Дані технології існують. В розробці/доробці їх немає необхідності, оскільки ми будемо залучати вже освічених фахівців, що вже мають спеціальну інженерну освіту	Дані технології доступні.
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: є можливою			

Проаналізувавши технологію реалізації, можна зробити висновок, що можливості та методи технологічної реалізації є можливими.

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Основні оператори ринку:

Основними операторами ринку є державні та приватні конструкторські відділи, які виконують роботу тільки на власні підприємствах та організації, що виконують консалтингові послуги в сфері інжинірингу та аутсорсингу

Таблиця 8.4 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість головних гравців, од	4
Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	100 тис. грн/ум.од
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	масштабність
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ГОСТ, ДСТУ, ISO
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	60%

Виробництво кормових дріжджів користується попитом в наш час. Ринок даної продукції знаходиться на етапі зростання, а також насичення та стабільності. Кормові дріжджі використовуються при виробництві такого незамінного для сільського господарства продукту, як комбікорм, вони входять в раціон домашніх тварин і птиці.

Споживча поведінка клієнтів має велике значення для старту проекту, оскільки від репутації нашої компанії залежить довіра потенційних покупців.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.5).

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

Таблиця 8. 5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в інноваційних високоефективних проектах для подолання наслідків попередніх економічних криз	Біохімічні компанії, харчові та фармацевтичні компанії.	Необхідність виготовлення продукції у відповідності до різних норм та стандартів	-відповідність до певних стандартів, - швидкість, - доступність.

Проаналізуємо докладно фактори маркетингового середовища (табл. 8.6-8.11), на основі яких виділимо фактори загроз (табл. 8.12) і фактори можливостей (8.13).

Таблиця 8.6 - Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Аварії техногенного походження	Руйнування інфраструктури.	Облаштування захистом від аварій, проведення інструктажу з техніки безпеки.
Науково-технічні: науково-технічний розвиток галузі	Зниження зацікавленості клієнтів до компанії	Пошук та моніторинг актуальних тенденцій в обраній та суміжних сферах діяльності

Таблиця 8. 7 - Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні: Створення нових тенденцій з залученням молодих вчених	Залучення молодих та перспективних кадрів	Розробка нового обладнання та конструкцій
Зміна ціни на робочі матеріали	Зміна ціни при виборі аналогів дорогих матеріалів	Встановлення своєї ціни на обладнання
Відкритість закордонних ринків	Нові клієнти в Європі та світі	Розробка нового обладнання

Таблиця 8.8 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
Ціна	Ціна буде розраховуватися під кожен проект окремо за домовленістю з клієнтом
Надійність	Клієнт буде отримувати якісну документацію та гарантійне обслуговування
Швидкість	Надання послуг в короткі терміни
Комплексний підхід	Надання не тільки розробки та модернізації, а також інших послуг

Надалі були визначені загальні риси конкуренції на ринку (табл. 8.9).

8.9 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
Монополістична	Товар кожної фірми є недосконалим замінником товару, який реалізують інші фірми	Компанія робить ставку на основні відмінності своєї продукції
За рівнем конкурентної боротьби: локальний	Рівень цін	Зниження цін
За галузевою ознакою: Міжгалузева	Боротьба за найприбутковіші сфери докладання капіталу	Вільне переміщення капіталів із менш прибуткових у більш прибуткові галузі.
За видами товарів: Товарно-родова	Клієнт вибирає кращу продукцію за властивостями або за задоволення своїх потреб	Просування та демонстрація товару, його переваг з урахування потреб клієнта
За характером : нецінова	Диференціація ціни, надійність	Спостереження за продукцією на ринку. Регулювання якості товару
За інтенсивністю: Марочна	Визначається ступенем переваги і пов'язана з доданими, інструментальними, емоційними характеристиками товарів.	Найбільш пряма форма конкуренції. Інтенсивність конкуренції на рівні марок і характер ведення конкурентної боротьби .

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 8.10).

Таблиця 8.10- Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Mingle»

№ п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «Mingle»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна	11			△	□		◇	
2	Надійність	10			□	◇			
3	Швидкість	14			□	△	△		
4	Комплексний підхід	7			△	◇			

◇ – ess.biz.ua ;

△ – en.lanxingpv.cn ;

□ – schulz-tech.com.ua .

Сильною стороною проекту є договірна ціна, надійність, та комплексний підхід.

Таблиця 8.11. - SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - енергозбереження та ресурсозбереження; - доступна вартість впровадження проекту; - надійність; - інженерні послуги; 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - низький рівень фінансування; - програв іноземним компаніям; - швидкість; - фінансова звітність.
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вихід на закордонний ринок; - створення нових тенденцій; - залучення молодих вчених; 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> - аварії техногенного походження; - розвиток науково-технічного прогресу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН81мп.060660.001 ПЗ

Арк.

97

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (таблиця 8.12).

Таблиця 8.12 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Товар з мінімальними витратами	80%	1 рік
Підписання довгострокових контрактів	93%	6 місяців

Після аналізу обираємо альтернативу підписання довгострокових контрактів.

8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 8.13).

Для здобуття репутації компанії потрібно починати з приватних компаній, а в подальшому розповсюджувати на державні підприємства. Вибрано стратегію концентрованого маркетингу для охоплення ринку.

Зв'язок між рентабельністю і часткою ринку спостерігається в основному у сфері масового виробництва, коли конкурентна перевага пов'язана з економією на витратах.

Таблиця 8.13 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входження у сегмент
Приватні промислові підприємства біохімічний, фармацевтич ній та харчовій галузях	83%	80%	Конкуренція помірна. Дії суб'єкта конкуренції підтримують конкурентне середовище	Фірма може створити продукт, що має переваги над товарами конкурентів, завдяки своїй новизни.
Державні промислові підприємства біохімічний, фармацевтич ній та харчовій галузях	75%	65%	Конкуренція приваблива. В даному сегменті суб'єкт якісніше за- довольняє свої потреби або одержує прибутки більші, ніж у попередньому сегменті;	Фірма завоює собі споживачів, що хочуть мати продукти даного типу, оскільки конкуренти їх не пропонують.
Які цільові групи обрано: приватні та державні промислові підприємства .				

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 8.14).

Таблиця 8.14 - . Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Підписання догостових контрактів з провідними компаніями харчової промисловості	Концентрований маркетинг	Супровід систем обладнання, їх технічне обслуговування	Стратегія спеціалізації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця. 8.15).

Таблиця 8.15 - Визначення стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
На території України проект є першопрохідцем	Пошук нових клієнтів, які не зацикленні на відомому бренді	Копіювання таких послуг на ринку	Стратегія зняття конкурентної ніші

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. таблиця 8.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 8.14) та стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.15) розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.16), що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Таблиця 8.16 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
Надання послуг на високому рівні	Стратегія спеціалізації	Стратегія зняття конкурентної ніші	Конкуренто-спроможні та інноваційні послуги за доступною ціною

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 8.17 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- ☐ Економічні – вартість обслуговування, витратних матеріалів, ремонту, знижки;
- ☐ Надійності – безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- ☐ Технологічні – оптимізація витрат матеріалів, праці, коштів;
- ☐ Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару;

- ☐ Транспортабельності – пристосованість продукції до транспортування, операцій перевезення;
- ☐ Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;
- ☐ Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару.

Таблиця 8.17 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
Потреба в нових технологій в біохімічній, фармацевтичній та харчовій галузях	Швидкість та надійність, економія на ЗП	Швидкість, доступна ціна, надійність

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- ☐ Економічні – вартість обслуговування, витратних матеріалів, ремонту, знижки;
- ☐ Надійності – безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- ☐ Технологічні – оптимізація витрат матеріалів, праці, коштів;
- ☐ Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару;
- ☐ Транспортабельності – пристосованість продукції до транспортування, операцій перевезення;
- ☐ Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;
- ☐ Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару.

Формулюємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 8.18

Таблиця 8.18 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Послуга за задумом	Надання високо кваліфікованого аутсорсингу; зменшення витрат матеріальних і людських ресурсів		
II. Послуга у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Економічності: зниження затрат на ремонт обладнання;	-/+	+ /+ /+ /+ /+
	2. Призначення: хімічні, харчові та біохімічні виробництва;		
	3. Технологічні: оптимізації витрат праці, коштів.		
	4. Безпека: відповідність нормативам;		
	5. Екологічність: відповідність нормативам.		
Якість: нормативи, міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.			
Документи виконані з логотипом підприємства.			
Марка: Mingle			
III. Послуга із підкріпленням	До продажу: представлення клієнту проект.		
	Після продажу: гарантійні консультації, супровід, обслуговування .		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання:			
Використанням власних запатентованих розробок, штампом.			

Захист буде організовано за рахунок захисту ідеї товару у патентному відомстві.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (таблиця 8.19).

Таблиця 8.19 – Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
Договірна	Немає	200 тис. грн/міс	Верхня: 30000 грн Нижня: 10000 грн

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8. 20).

Таблиця 8.20 – Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Замовлення проекту	Швидкість виконання, гарантія, надійність, доставка	Однорівнева	Власні сили

При визначенні оптимальної системи збуту було вирішено, що ми будемо проводити збут власними силами.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.21).

Таблиця 8.21 - Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Орієнтоване на швидке та ефективне спілкування	Інтернет, виставки, друкована продукція	Продаж якісного товару; Чим довше партнерство, тим лояльніші ціни;	Демонстрація переваг продукції та послуг залежно від напряму зацікавленості	Офіційний стиль. Наочна демонстрація даних

Результатом пункту 8.5 створено ринкову програму, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

8.6 Висновки до розділу

Відповідно до проведеного аналізу поява даного проекту є актуальна так як на ринку мала кількість компаній яка надає такий спектр послуг та має перспективи росту на ринку послуг.

Запатентована модернізація і розроблена конструкція ферментера, що буде впроваджена у даному стартап-проекті.

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

Висновки

У магістерській дисертації модернізовано установку виробництва кормових дріжджів. Проведено опис технологічного процесу виробництва дріжджів, підібраний ферментер та центрифуга, вибрано технічні характеристики цих апаратів, обґрунтовано обрані конструкції апаратів, проведено патентний пошук, розроблені заходи, що до вимог охорони праці, проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність установки та апаратів, частина розрахунків виконана у вигляді програм з описом методики розрахунків, подано рекомендації з монтажу та експлуатації, визначено очікувані техніко-економічних показники, оцінено рівень стандартизації та уніфікації розроблюваних апаратів, проведено розробку технологічного процесу виготовлення деталі (фланець) та схеми автоматичного керування технологічним процесом установки.

Виконано модернізацію ферментера, що направлена на підвищення продуктивності в порівнянні з аналогами, надійності основних вузлів та приведення до відповідності конструкторським стандартам. У результаті модернізації зросла загальна продуктивність установки.

Графічна частина складається з восьми креслень в перерахунку на формат А1. Виконані креслення схеми установки виробництва кормових дріжджів, функціональна схема автоматизації, складальні креслення ферментера, його кришки, а також креслення центрифуги, пристосування для закріплення фланця на верстаті. До складальних креслень складено специфікації. Розроблено стартап-проект запропонованої модернізації.

За результатами роботи отримано деклараційний патент України на корисну модель ферментера, результати оприлюднено на 3 міжнародних конференціях, та опубліковано статтю у фаховому журналі.

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

Выводы

В магистерской диссертации модернизировано установку производства кормовых дрожжей. Проведено описание технологического процесса производства дрожжей, подобранный ферментер и центрифуга, выбрано технические характеристики этих аппаратов, обоснованно выбраны конструкции аппаратов, проведен патентный поиск, разработаны мероприятия, требованиям охраны труда, проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность установки и аппаратов, часть расчетов выполнена в виде программ с описанием методики расчетов, даны рекомендации по монтажу и эксплуатации, определены ожидаемые технико-экономических показатели, оценен уровень стандартизации и унификации разрабатываемых аппаратов, проведена разработка технологического процесса изготовления детали (фланец) и схемы автоматического управления технологическим процессом установки.

Выполнена модернизация ферментера, направленной на повышение производительности по сравнению с аналогами, надежности основных узлов и приведение в соответствие конструкторским стандартам. В результате модернизации возросла общая производительность установки.

Графическая часть состоит из восьми чертежей в пересчете на формат А1. Выполнены чертежи схемы установки производства кормовых дрожжей, функциональная схема автоматизации, сборочные чертежи ферментера, его крышки, а также чертежи центрифуги, приспособления для закрепления фланца на станке. К сборочным чертежам составлено спецификации. Разработан стартап-проект предложенной модернизации.

По результатам работы получено декларационный патент Украины на полезную модель ферментера, результаты опубликованы на 3 международных конференциях и опубликована статья в профессиональном журнале.

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

Conclusions

In the Master's "Development of a centrifuge and fermenter for modernization of feed yeast production plant". The description of the technological process of production of yeast, the fermenter and the centrifuge were selected, the technical characteristics of these devices were selected, the design of the apparatus were substantiated, a patent search was carried out, measures were taken to meet the requirements of occupational safety, calculations confirming the efficiency and reliability of parts and apparatus, made in the form of programs with description of the calculation methodology, recommendations for installation and operation was given, the expected technical and economic indicators are determined, the level is estimated standardization and unification of emerging devices, developed the process of manufacturing parts (flange) and the circuit automatic process control settings.

The fermenter has been modernized, aimed at improving the performance compared to its counterparts, the reliability of the main units and bringing it to the design standards. As a result of the upgrade, the overall productivity of the installation increased.

The graphic part consists of eight drawings in terms of A1 format. Drawings of the scheme of installation of production of fodder yeast, the functional scheme of automation, assembly drawings of the fermenter, its covers, as well as the drawings of the centrifuge, the device for fixing the flange on the machine. Specifications are drawn up for the drawing drawings. A startup project of the proposed modernization has been developed.

According to the results of the work, a patent patent of Ukraine for the utility model of the fermenter was obtained, the results were published at 3 international conferences, and an article was published in a professional journal.

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

Перелік посилань

1. Ожегова Е.И. Справочник технолога дрожжевого производства/ Е.И. Ожегова – К: Пищевая промышленность., 1973. – 307 с. М.С. Мосичев, А.А. Складнев, В.Б. Котов. М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии/ А.Г. Касаткин – М.: - Химия, 1971. – 754 с.
3. А.С, Тимонин, Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник, Том 2, Издание 2-е, перераб. и доп.; Калуга 2002.
4. Соколов В.Н. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи./И.В. Доманский, В.П. Исаков – Л.: Машиностроение, 1982. – 384 с.
5. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов/ Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
6. Дж.Перри. Справочник инженера-химика, т.1. Первод с англ. под ред. акад. Жаворонкова Н.М. и чл.-корр. АН СССР Романкова П.Г. Издательство «Химия», 1969, – 640с.
7. В.Н.Соколов. Аппаратура микробиологической промышленности /В.Н.Соколов, М.А. Яблокова. – Л.: Машиностроение, 1988. – 278 с.
8. ГОСТ 5632-72. Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные.
9. Патент № 201910535795.9 (CN), МПК B01F7/18. Cross-flow guide type stirring blade applied to fermentation tank /19 лис. 2019; Опубл. 16.06. 2019.
10. Патент № 201910770991.4 (CN), МПК F28F9/18. Fermenter/ 26 січ. 2019; Опубл. 9 лип. 2019.
11. Патент № 201910291264 (CN), МПК C12G 3/02.Fermenter/19.02.2019; Опубл. 04/04/ 2019.
12. Патент № 201910183792.3 (CN), МПК C12R 1/20. Fermenter/

					ЛН81мп.060660.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		109

19.02.2019; Опубл. 12/03/ 2019.

13. Патент № 201910025913.1 (CN), МПК C12P 5/02. Fermenter/ 30.04.2019; Опубл. 01/11/ 2019.

14. Патент № 201920027527.1 (CN), МПК C12P 5/02. Centrifuge / 30.10.2019; Опубл. 01/08/ 2019.

15. Патент № 6600427 (CN), МПК B1/20. Horizontal screw decanter centrifuge with hydraulic differential /від 05/06/2019; Опубл, 11 лют. 2019.

16. Патент № 201910559529 (CN), МПК B04B 1/02. Centrifuge / 27.08.2019; Опубл. 26/06/ 2019.

17. Патент № 201910080267.9 (CN), МПК B04B 11/04. Centrifuge / 16.04.2019; Опубл. 28/01/ 2019.

18. Патент № 201910128463.9 (CN), МПК C12P 11/02. Centrifuge / 21.05.2019; Опубл. 21/02/ 2019.

19. Сидоров Ю.І., Влязло Р.Й., Новіков В.П. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технологічні розрахунки. Приклади задачі. Основи проектування виробництв. Навч. Посібник. Уз.ч. – Ч.1. Ферментація.– Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004.-240 с.

20. Плановский А.Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – 2-е изд., перераб. и доп./ Плановский А.Н., Николаев П.И. – М.: Химия, 1972. – 630 с.

21. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т., Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие/Пер. с англ. под ред. Б.И. Соколова. – 3-е изд., перераб и доп. – Л.:Химия, 1982. – 592с.

22. Машины и аппараты химических производств. Под ред. д-ра техн, наук, проф. И. И. Чернобыльского. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1974. - 456 с. Авт.: И. И. Чернобыльский, А. Г. Бондарь, Б. А. Гаевский, С. А. Городинская, Р. Я. Ладиев, Ю. М. Тананайко, В. Т. Миргородский.

23. ГОСТ 9931-85 Корпусы цилиндрические стальных сварных сосудов

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110

и аппаратов. Типы, основные параметры и размеры.

24. Дытнерский Ю.И.. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Ю.И. Дытнерский, 2–е изд., перераб. и дополн. – М.: Химия, 1991. – 496 с.В. Г.

25. Доброногов. Алгоритм расчета на жесткость валов механических перемешивающих устройств : Методические указания к применению вычислительной техники в курсе “Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств” / В. Г. Доброногов, О. Г. Зубрий, Л. Г. Воронин . – К.: КПИ, 1989. – 60 с.

26. В. Г. Доброногов. Конструювання та розрахунок фланцевих з’єднань: Навч. Посібник / В. Г. Доброногов, І. О. Мікульонок. – К.: ІСДО, 1992. – 145 с.

27. Лукьяненко В.М., Таранец А.В. Промышленные центрифуги Москва, Химия, 1974. - 376 с.

28. Охрана труда и производственная безопасность: Учебно-методическое пособие / А.А. Раздорожный, – М.: Экзамен, 2005. – 512 с.

29. Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз’яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.

30. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3-х т. Т.3.-8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 859с.

31. Гайдамак К.М. Монтаж технологического оборудования химических производств. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1977. – 192 с., ил.

32.Брагинский Л.Н. Руководящий технический материал 26–01–90–76. Аппараты с механическими перемешивающими устройствами вертикальные. – П.: НИИ Эмальхим, 1976.

33. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981. – 382 с., ил.

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111

34. Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С. 20-24. - Режим доступу [http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20\(1\).pdf](http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20(1).pdf).

					<i>ЛН81мп.060660.001 ПЗ</i>	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		